

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 5 (395)
2021**

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 Междуна-
родные базы данных: SCOPUS и
CAS(pt), индексирующие
научные издания

Электронный вариант журнала
размещен на сайте
<http://ttp.ivgpi.com>

Издание Ивановского государственного политехнического университета

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

Е.В. РУМЯНЦЕВ (д.х.н., ректор).

Заместитель главного редактора:

Н.Л. КОРНИЛОВА (д.т.н., проф.).

Редакционная коллегия (Россия):

А.А. БИКБУЛАТОВА (к.т.н., проф.), Б.Н. ГУСЕВ (д.т.н., проф.), Т.Р. ДЕБЕРДЕЕВ (д.т.н., проф.), Г.П. ЗАРЕЦКАЯ (д.т.н., проф.), Н.Ю. КАЗАКОВА (д.т.н., проф.), Е.Н. КАЛИНИН (д.т.н., проф.), А.М. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.), М.В. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.), К.И. КОБРАКОВ (д.т.н., проф.), Ж.Ю. КОЙТОВА (д.т.н., проф.), А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ (д.т.н., проф.), В.Е. КУЗЬМИЧЕВ (д.т.н., проф.), Н.А. КУЛИДА (д.т.н., проф.), А.Г. МАКАРОВ (д.т.н., проф.), Л.Ю. МАХОТКИНА (д.т.н., проф.), В.Е. МИЗОНОВ (д.т.н., проф.), А.П. МОРЫГАНОВ (д.т.н., проф.), Е.Н. НИКИФОРОВА (д.т.н., проф.), О.И. ОДИНЦОВА (д.т.н., проф.), А.Б. ПЕТРУХИН (д.э.н., проф.), А.Ф. ПЛЕХАНОВ (д.т.н., проф.), К.Э. РАЗУМЕЕВ (д.т.н., проф.), Л.В. РЕДИНА (д.т.н., проф.), П.Н. РУДОВСКИЙ (д.т.н., проф.), В.Е. РУМЯНЦЕВА (д.т.н., проф.), А.В. СИЛАКОВ (д.э.н., проф.), Н.А. СМИРНОВА (д.т.н., проф.), Г.Г. СОКОВА (д.т.н., проф.), Е.Я. СУРЖЕНКО (д.т.н., проф.), О.В. ТОЛОЧКО (д.т.н., проф.), А.В. ТРУЕВЦЕВ (д.т.н., проф.), Н.М. ФИЛИМОНОВА (д.э.н., проф.), А.В. ФИРСОВ (д.т.н., проф.), В.В. ХАММАТОВА (д.т.н., проф.), С.Ю. ХАШИРОВА (д.х.н., проф.), С.В. ХЕЙЛО (д.т.н., проф.), Ю.С. ШУСТОВ (д.т.н., проф.), С.С. ЮХИН (д.т.н., проф.)

Международная редакционная коллегия:

ADOLPHE S. DOMINIQUE (д.т.н., Франция), GERSAK JELKA (д.т.н., Словения), UDVAL LODOI (д.т.н., Монголия), Е.В. ВАНКЕВИЧ (д.э.н., Беларусь), А.А. КУЗНЕЦОВ (д.т.н., Беларусь), С.В. ЛОМОВ (д.т.н., Бельгия), Д.Б. РЫКЛИН (д.т.н., Беларусь), С.Ш. ТАШПУЛАТОВ (д.т.н., Узбекистан), Н.Н. ЯСИНСКАЯ (д.т.н., Беларусь)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ (д.с.н., проф.), А.В. ДЕМИДОВ (д.т.н., проф.), А.Р. НАУМОВ (д.х.н., проф.), М.Г. БАЛЫХИН (д.э.н., проф.).

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*

Адрес редакции: 153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.

Тел.: (4932) 41-75-02.

E-mail: ttp@ivgpi.com

<http://ttp.ivgpi.com>

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.10.2021. Подписано в печать 29.10.2021. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 33,48; Усл. кр.-отт. 33,73. Заказ 4404.

Тираж 400 экз.

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

Издательско-полиграфический комплекс "ПресСто"
153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, строение 8
Тел. 8-930-330-26-30
E-mail: pressto@mail.ru

© "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", 2021

Ministry of Science and Higher Education
of Russian Federation

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**TEXTILE
INDUSTRY
TECHNOLOGY**

Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR

**№ 5 (395)
2021**

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://ttp.ivgpu.com>

Published by Ivanovo State Polytechnical University

EDITORIAL BOARD

Chief editor: E.V. RUMYANTSEV (*d.ch.s., rector*).
Deputy of chief editor: N.L. KORNILOVA (*d.en.s., prof.*).

members:

Editorial board (Russia):

A.A. BIKBULATOVA (*k.en.s., prof.*), B.N. GUSEV (*d.en.s., prof.*), T.R. DEBERDEEV (*d.en.s., prof.*), G.P. ZARETSKAYA (*d.en.s., prof.*), N.Yu. KAZAKOVA (*d.en.s., prof.*), E.N. KALININ (*d.en.s., prof.*), A.M. KISELEV (*d.en.s., prof.*), M.V. KISELEV (*d.en.s., prof.*), K.I. KOBRAKOV (*d.en.s., prof.*), Zh.Yu. KOYTOVA (*d.en.s., prof.*), A.R. KORABELNIKOV (*d.en.s., prof.*), V.E. KUZMICHEV (*d.en.s., prof.*), N.A. KULIDA (*d.en.s., prof.*), A.G. MAKAROV (*d.en.s., prof.*), L.Yu. MAKHOTKINA (*d.en.s., prof.*), V.E. MIZONOV (*d.en.s., prof.*), A.P. MORYGANOV (*d.en.s., prof.*), E.N. NIKIFOROVA (*d.en.s., prof.*), O.I. ODINTSOVA (*d.en.s., prof.*), A.B. PETRUKHIN (*d.ec.s., prof.*), A.F. PLEKHANOV (*d.en.s., prof.*), K.E. RAZUMEEV (*d.en.s., prof.*), L.V. REDINA (*d.en.s., prof.*), P.N. RUDOVSKY (*d.en.s., prof.*), V.E. RUMYANTSEVA (*d.en.s., prof.*), A.V. SILAKOV (*d.ec.s., prof.*), N.A. SMIRNOVA (*d.en.s., prof.*), G.G. SOKOVA (*d.en.s., prof.*), E.Ya. SURZHENKO (*d.en.s., prof.*), O.V. TOLOCHKO (*d.en.s., prof.*), A.V. TRUEVTSEV (*d.en.s., prof.*), N.M. FILIMONOVA (*d.ec.s., prof.*), A.V. FIRSOV (*d.en.s., prof.*), V.V. KHAMMATOVA (*d.en.s., prof.*), S.Yu. KHASHIROVA (*d.ch.s., prof.*), S.V. KHEYLO (*d.en.s., prof.*), Yu.S. SHUSTOV (*d.en.s., prof.*), S.S. YUKHIN (*d.en.s., prof.*).

International editorial board:

ADOLPHE C. DOMINIQUE (*dens., France*), GERŠAK JELKA (*d.en.s., Sloveniya*), UDVAL LODOI (*dens., Mongoliya*), E.V. VANKEVICH (*d.ec.s., Belarus*), A.A. KUZNETSOV (*d.en.s., Belarus*), S.V. LOMOV (*d.en.s., Belgium*), D.B. RYKLIN (*d.en.s., Belarus*), S.Sh. TASHPULATOV (*d.en.s., Uzbekistan*), N.N. YASINSKAYA (*d.en.s., Belarus*)

EDITORIAL COUNCIL

V.S. BELGORODSKY (*d.soc.s., prof.*), A.V. DEMIDOV (*d.en.s., prof.*),
A.R. NAUMOV (*d.ch.s., prof.*), M.G. BALKHIN (*d.ec.s., prof.*)

Executive secretary S.L. KHALEZOV

Address: 153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21.
Tel.: +7(4932)41-75-02.
E-mail: ttp@ivgpu.com
[http:// ttp.ivgpu.com](http://ttp.ivgpu.com)

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796. Passed for typesetting on 01.10.2021. Signed for printing on 29.10.2021. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 33.48 conventional sheets. 33.73 conventional. Order 4404.

Circulation of 400.

"Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology"
Published by Ivanovo State Polytechnical University
153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21
E-mail: ttp@ivgpu.com

Publishing-printing complex "PresSto"
153025, Ivanovo, Dzerzhinskogo, 39, building 8
Tel. 8-930-330-26-30
E-mail: pressto@mail.ru

УДК 316.35

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_5

**АНАЛИЗ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДО 2025 ГОДА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДА 4P "ОРИЕНТАЦИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ"**

**ANALYSIS OF THE STRATEGIC DIRECTIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION
LIGHT INDUSTRY DEVELOPMENT UP TO 2025
USING THE 4P "RESULTS ORIENTATION" APPROACH**

*В.В. ФИЛАТОВ¹, В.Ю. МИШАКОВ², И.И. ГЕРАСИМЕНКО³,
Р.П. СКЛЯРЕНКО⁴, И.Е. КРЫГИНА⁵, А.И. ЛУКАШЕВИЧ⁶,*

*V.V. FILATOV, V.YU. MISHAKOV, I.I. GERASIMENKO,
R.P. SKLYARENKO, I.E. KRYGINA, A.I. LUKASHEVICH*

¹Московский государственный университет пищевых производств,

²Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),

³Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ),

⁴Российский государственный университет туризма и сервиса,

⁵Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет,

⁶Московский городской университет управления Правительства Москвы им. Ю.М. Лужкова)

(Moscow State University of Food Production,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University),

Russian State University of Tourism and Service,
Moscow Automobile and Road State Technical University,
Moscow City University of Management of the Government of Moscow named after Yu.M. Luzhkov)

E-mail: filatov_vl@mail.ru; mishakovviktor@yandex.ru; gerasimenko_ii22@mail.ru;
hr-03@mail.ru; irina_krygina@inbox.ru; luk9340@gmail.com

Цель исследования – провести анализ стратегических направлений развития легкой промышленности РФ до 2025 года с использованием подхода 4P "Ориентация на результаты". Предметом исследования выступают статистические данные, характеризующие эффективность стратегии развития легкой промышленности на период до 2025. Методологической основой исследования стали общенаучные методы познания (методы структурного и функционального анализа, диалектический, логического единства, традиционные приемы экономического анализа и синтеза), а также специфические методы оценки состояния стратегии развития легкой промышленности на период до 2025. Определены характерные для современной легкой промышленности отраслевые проблемы развития, особое внимание уделено ключевым направлениям развития отрасли. Решение обозначенных

проблем и учет современных тенденций усилиями самих предприятий легкой промышленности при активной отраслевой поддержке государством поможет сформировать мощный организационно-экономический потенциал, направленный на развитие внутреннего производства легкой промышленности РФ. В данной работе проанализированы основные проблемы в отрасли легкой промышленности РФ в настоящее время, рассмотрена динамика объема производства товаров легкой промышленности в РФ в 2015-2019 гг., млрд. руб. Проанализированы мероприятия по развитию легкой промышленности в стратегии развития легкой промышленности РФ на период до 2020 года. Разработаны стратегические цели стратегии развития легкой промышленности в РФ до 2025 года. Изучен полный перечень стратегических направлений развития легкой промышленности в РФ. Проведен анализ стратегических направлений развития легкой промышленности РФ до 2025 года с использованием подхода 4P "Ориентация на результаты". Разработана расширенная SWOT- матрица стратегии развития легкой промышленности на период до 2025. Таким образом, результаты исследования отрасли легкой промышленности в РФ свидетельствуют о том, что дальнейшее развитие отрасли должно осуществляться с учетом фактического положения дел, а также изменений в отраслях легкой промышленности. В рамках представленной стратегии определены стратегические цели и направления развития отраслей легкой промышленности.

The purpose of the study is to analyze the strategic directions of the Russian Federation development light industry up to 2025 using the 4P "Results Orientation" approach. The subject of the study is statistical data characterizing the effectiveness of the strategy for the light industry development up to 2025. The methodological basis of the research was general scientific methods of cognition (methods of structural and functional analysis, dialectical, logical unity, traditional methods of economic analysis and synthesis), as well as specific methods for assessing the state of the light industry development strategy up to 2025. The sectoral development problems characteristic of the modern light industry are identified. Special attention is paid to the key areas of the industry development. Solving these problems and taking into account current trends, by the efforts of light industry enterprises themselves, with active industry support from the state, can form a powerful organizational and economic potential aimed at developing the domestic production of light industry in Russia. This paper analyzes the main problems in the light industry of Russia at the present time, examines the dynamics of the volume of production of light industry goods in Russia in 2015-2019, billion rubles. The measures for the development of light industry in the strategy for the development of light industry in Russia up to 2020 are analyzed. The strategic objectives of the strategy for the Russian Federation light industry development up to 2025 have been developed. A complete list of strategic directions for the Russian Federation light industry development has been studied. The analysis of the strategic directions for the Russian Federation light industry development until 2025 using the 4P "Results orientation" approach is carried out. An expanded SWOT matrix of the light industry development strategy up to 2025 has been developed. Thus, the results of the study of the light industry in the Russian Federation indicate that the further development of the industry should be carried out with the actual state of affairs, as well as changes in the light industry sectors. Within the framework of the presented strategy, strategic goals and directions for the development of light industry sectors are defined.

Ключевые слова: стратегические направления развития, SWOT-анализ, легкая промышленность РФ, конкурентоспособность отраслей, рынки инноваций, высокие технологии, управление изменениями, подход 4P "Ориентация на результаты".

Keywords: strategic directions of development, SWOT analysis, light industry of the Russian Federation, competitiveness of industries, innovation markets, high technologies, change management, 4P "Results orientation" approach.

Легкая промышленность РФ является одной из наиболее важных составляющих отечественного промышленного комплекса, которая существенно влияет на экономику страны, поскольку специализируется на производстве товаров народного потребления и характеризуется с экономической точки зрения быстро оборачиваемым капиталом, что предполагает ускоренное доведение товаров до конечного потребителя с наименьшими совокупными затратами [1].

Легкая промышленность РФ имеет сложную межотраслевую структуру, состоящую из более 26 узкоспециализированных подотраслей и представляет собой важнейший многопрофильный сектор российской экономики, в котором более 40% непродовольственных товаров народного потребления производится предприятиями отрасли, при этом продукция легкой промышленности, спрос на которую постоянно растет, предназначена как для удовлетворения потребностей населения, так и для ее использования в иных отраслях промышленности в качестве сырья и вспомогательных материалов [2].

Легкая промышленность РФ за последние тридцать лет пережила достаточно сложный путь трансформационных преобразований, который шел параллельно с изменением экономического курса страны. С началом экономических реформ, которые были инициированы в первой половине 90-х годов прошлого столетия, после распада СССР, произошел резкий спад производства, объем которого в стоимостном выражении сократился более чем в пять раз, а в натуральном выражении более чем в восемь раз, что было вызвано, прежде всего, разрушением "старых" советских хозяйственных связей и цепей поставок, а также массовым наплывом дешевой импортной

продукции, преимущественно из Китая. В настоящее время РФ не входит даже в первую сотню государств по объему производства текстильной продукции, обуви, одежды, красителей, волокон, в то время как СССР входил в ведущие страны мира по данным показателям [3].

За всю историю отечественной легкой промышленности показатели стагнации производства достигли минимальных размеров к 1995 г., а с 2000 г. началась постепенная нормализация и даже наблюдался умеренный рост производства однако, через восемь лет, в 2008 г., происходит очередной мировой финансовый кризис, который не дал полноценно нормализовать отрасли свое производство и сильно ослабил экономическое состояние предприятий отечественной легкой промышленности. К примеру, предприятия текстильной промышленности ощутили проблемы удорожания кредитных ресурсов, повышения требований к залугу и роста задолженностей со стороны покупателей, а предприятия швейной промышленности пострадали преимущественно вследствие сокращения спроса на свою продукцию и объема госзаказов [4].

Однако, сравнительно быстро, к 2010 г., многим предприятиям легкой промышленности удалось по многим показателям преодолеть докризисный период, при этом ни по одной товарной категории так и не получилось приблизиться к уровню, достигнутому в начале 1990-х гг. В 2014 г. начался очередной экономический кризис, приведший к очередной стагнации производства в отраслях легкой промышленности. В результате этого, сегодня отечественная легкая промышленность обеспечивает всего 0,18...0,22% от ВВП экономики страны [5].

Стратегия развития легкой промышленности в РФ на период до 2025 г. охватывает отрасли швейного, текстильного, обувного и кожевенного производства, а также учитывает вопросы межотраслевого развития. Целью стратегии является создание в РФ устойчиво развивающейся легкой промышленности, интегрированной в мировую экономическую систему и основанную на естественных конкурентных преимуществах страны [6].

Учитывая значительную роль легкой промышленности в обеспечении доктрины экономической и стратегической безопасности, а также повышения жизненного уровня и занятости трудоспособного населения в новых экономических и геополитических условиях, необходимо оказывать существенную инвестиционную поддержку и уделить особое внимание развитию отраслей легкой промышленности РФ. Таким образом, стратегия развития легкой промышленности в РФ на период до 2025 г. является одним из основных инструментов государственной политики в решении проблем легкой промышленности и привлечении инвестиций для ее эффективного развития [7].

Легкая промышленность на территории РФ признается одним из наиболее значимых направлений, реализуемых в сфере государственной политики, а также стратегического государственного развития. Отрасль легкой промышленности в РФ характеризуется такими производствами, как текстильное производство, швейное, а также меховое и кожевенное производство. В рамках функционирования представленные производственные направления характеризуются наличием взаимосвязи с разнообразными производственными отраслями и направлениями государственной деятельности, в том числе отраслями военной промышленности, химического производства, машиностроения, торговой деятельности и др. [8]. Представим динамику объема производства товаров легкой промышленности в РФ в 2015-2019 гг. (рис. 1).

Данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что на территории РФ отмечается ежегодный рост объема производства товаров легкой промышленности в

реальных ценах – с 367,0 млрд. руб. в 2015 г. до 505,5 млрд. руб. в 2019 г. Такой рост, безусловно, признается положительной тенденцией развития отрасли. Кроме того, ежегодно темп роста отрасли имеет положительные значения: 2015 г. – 20,5%; 2016 г. – 6,4%; 2017 г. – 13,8%; 2018 г. – 10,9%; 2019 г. – 2,6%. Основной причиной такого роста производственных показателей в отрасли легкой промышленности признается рост цен, что оказало определяющее влияние на стоимость отгрузки товаров.

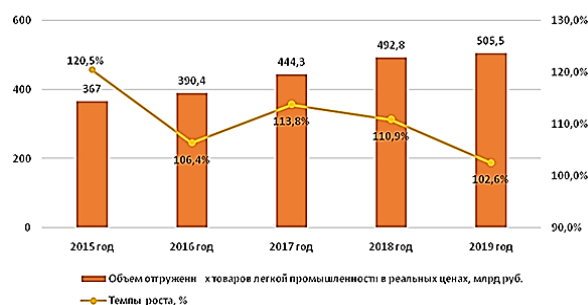


Рис. 1

В течение ближайших пяти лет Правительство РФ возлагает большие ожидания на динамику роста индустрии легкой промышленности. Предполагается увеличение вклада легкой промышленности в экономику страны практически в два раза с 188 до 370 млрд. руб., увеличение экспорта практически вдвое – с 78 млрд. руб. в 2017 г. до 150 млрд. руб. в 2025 г., а также увеличение доли локализации производства с 19 до 26% в сопоставимых ценах [9].

Для достижения данных экономических целей развития легкой промышленности Правительством РФ осуществляется ежегодное выделение средств из средств Федерального бюджета на развитие и поддержку легкой промышленности в рамках подпрограммы "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" [10].

Для стратегического развития отечественной легкой промышленности недостаточно только осуществления финансирования и оказания государственной поддержки, необходимо также подготовить со-

ответствующую нормативно-правовую базу для урегулирования конфликтов, возникающих в отрасли, большинство из которых связано с неопределенностью правового статуса результатов интеллектуальной деятельности предприятий легкой промышленности.

Необходимо проведение детального анализа законодательства об интеллектуальной собственности и обобщение судебной практики по его применению в отношении такой специфической продукции, как одежда, обувь, аксессуары, как в РФ, так и в странах, являющихся лидерами по объему производства и выручки от реализации указанной продукции, в том числе США и странах Европейского союза.

Важность государственного регулирования для таких сфер, как текстильная и легкая промышленность, подтверждается также принятием нормативно-правовой базы, направленной на поддержку успешного выхода предприятий легкой промышленности на международный рынок, включая введение государственной системы добровольной сертификации товаров и брендов легкой промышленности "Сделано в России" и региональные меры, способствующие их продвижению на зарубежных рынках, например, благодаря организации участия российских дизайнеров в Парижской неделе моды [11].



Рис. 2

Соответственно в рамках поддержания экономической стабильности государства, улучшения состояния индикаторов экономического роста, уровня жизни населения, а также обеспечения населения разнообразными товарами и продукцией отрасли легкой промышленности в РФ принадлежит одно из ключевых положений. В то же время под влиянием последних изменений, характерных как для политической сферы,

так и для экономической сферы, отрасль легкой промышленности характеризуется неоднозначным положением. Представим наиболее острые проблемы, характерные для легкой промышленности в РФ (рис. 2).

Организационно-управленческие проблемы обусловлены практически отсутствием межотраслевой комплексности развития легкой промышленности и слабой отраслевой управляемостью и разобщенностью предприятий легкой промышленности. Причин этому много, но стоит отметить наиболее существенные: постоянно меняющиеся целевые показатели развития [12].

Социально-кадровые проблемы во многом связаны с частичной или полной остановкой производств, а также с низким уровнем заработной платы, что обусловлено финансово-экономическими проблемами: рост числа предприятий-банкротов, недостаток собственного оборотного капитала, убытки, низкая платежеспособность, высокая стоимость кредитных ресурсов [13].

На предприятиях легкой промышленности наблюдается относительно низкая финансовая автономия, высокая степень финансовой зависимости от заемных средств, что свидетельствует о низкой инвестиционной привлекательности и финансовой неустойчивости предприятий отрасли. В целом для большинства предприятий легкой промышленности финансовое положение можно признать недостаточно удовлетворительным, практически треть предприятий отраслей легкой промышленности на протяжении последних нескольких лет убыточны, а средний уровень рентабельности находится на уровне 8...10% [14].

В настоящее время рынок технического текстиля РФ не превышает 1,2 млрд. дол., в то время как мировой рынок технического текстиля оценивается в 130 млрд. дол., и КНР является основным игроком на этом рынке. Так, в КНР за последние три года увеличился объем выпуска полиэфирных волокон в 2,0 раза, полиамида на 1,7 раза, и к настоящему моменту КНР контролирует почти половину рынка нетканых материалов, при этом объем импорта китайской продукции в РФ за последний год составил порядка 3 млрд. дол. [15].

При этом российский рынок легкой промышленности последние несколько лет показывает двойственную ситуацию. С одной стороны, объемы экспорта показывают незначительную положительную динамику, а с другой – рынок находится в фазе отраслевого роста. Так, в 2017 г. рост составил 20% в долевом отношении и 18% в размере поступлений в бюджет РФ [16].

Предприятия легкой промышленности пытались настойчиво вернуть контроль над внутренним рынком, восстановив уровень производственной и технологической компетентности и использовали для этого всевозможные организационно-экономические механизмы для самостоятельного наращивания масштабов производства, при этом использование традиционных организационно-экономических механизмов, основанных, преимущественно на привлечении дешевой рабочей силы, не дало ожидаемого экономического эффекта [17].

Следовательно, легкая промышленность РФ обладает определенными конкурентными преимуществами, такими как потенциал импортозамещения и экспорт по всем этапам синтетической цепочки (синтетический и технический текстиль, производство нетканых материалов, синтетические волокна и пряжа), но пока не может полноценно конкурировать с европейскими и азиатскими производителями, так как последние три десятилетия правительство нашей страны практически не уделяло должного внимания развитию отраслей легкой промышленности, и продукция массового спроса традиционно закупалась за рубежом [18].

Конкурентно-рыночные проблемы обусловлены тем, что, произведя продукцию, большинство предприятий просто не умеют ее продать, не могут организовать отлаженные каналы сбыта, продвижение продукции [19].

В настоящее время небольшие независимые магазины, выступающие основными каналами реализации подделок, параллельного импорта и товаров, введенных в оборот с нарушениями налогового законодательства, занимают значительную часть рынка, несмотря на увеличение цивилизо-

ванных розничных сетей. Значительная часть этой контрафактной продукции реализуется через интернет-магазины, которые недостаточно контролируются регулирующими и правоохранительными органами [20].

Наличие проблем, представленных на рис. 2, свидетельствует о том, что требуется реализация мероприятий, нацеленных на устранение имеющихся проблем, и, в первую очередь, на развитие отрасли легкой промышленности. Так, в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 24.09.2009 № 853 "Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности РФ на период до 2020 года и Плана мероприятий по ее реализации определены основные мероприятия, связанные с развитием легкой промышленности (рис. 3).

В соответствии со стратегической целью можно выделить ряд стратегических направлений.

1. Развитие рынков инноваций и высоких технологий для повышения конкурентоспособности отраслей легкой промышленности и производимой продукции на мировых рынках [21].

2. Создание региональных центров экономического роста для сокращения неравенства в развитии регионов путем выявления конкурентных преимуществ различных регионов [22].

3. Повышение эффективности деятельности существующих и развитие новых институтов рыночной экономики [23].

4. Развитие образования и социальной сферы для увеличения количества квалифицированных специалистов в легкой промышленности [24].

5. Модернизация топливно-энергетического комплекса за счет развития ресурсной базы, для развития производства синтетической цепочки (синтетический и технический текстиль, производство нетканых материалов, синтетические волокна и пряжа) из углеводородов.

6. Внедрение системы энергосбережения и возобновляемых топливно-энергетических ресурсов, в том числе использование технологий рециклинга в производстве

отраслевых предприятий легкой промышленности.

7. Внедрение политики экологической безопасности и развитие системы экологического регулирования в отраслях легкой промышленности, для сокращения углеродного следа в результате хозяйственной деятельности.

Сегодня, когда во всем мире в промышленном комплексе реализуются быстрые технологические изменения, внедряется повсеместно Индустрия 4.0 женеваского идеолога Клауса Швабе, на устаревшем оборудовании невозможно реализовать прорывную стратегию технологического развития [25].

В настоящее время по данным Министерства промышленности и торговли РФ почти половина производственных мощностей предприятий легкой промышленности функционирует свыше 12...15 лет, а уровень их загруженности не превышает 60...70%, в то время как в годы СССР в отраслях легкой промышленности почти каждые пять лет обновлялось оборудование и практически отсутствовало понятие физической изношенности [26].

Таким образом, значимой проблемой легкой промышленности выступает физическая изношенность и моральное устаревание эксплуатируемого оборудования, усиливающее технологическое отставание, так как техническая и технологическая отсталость оборудования приводит к росту себестоимости продукции и снижению её конкурентоспособности. Такое оборудование создает и неудовлетворительные условия труда, приводящие к повышенному производственному травматизму и в принципе неспособно производить современную качественную продукцию.

Затраты на закупку нового оборудования в Китае составляют 997 млн. евро, в Индии порядка 110 млн. евро, а в РФ затраты на закупку нового оборудования сегодня составляют всего в пределах 40 млн. евро, то есть примерно в 25 и 3 раза меньше по сравнению с Китаем и Индией. На зарубежных предприятиях коэффициент обновления оборудования превышает 15%, что в

большей степени связано с государственной инвестиционной поддержкой. В свою очередь, на российских предприятиях коэффициент обновления оборудования находится в пределах 3% в год и осуществляется за счет заемных и собственных средств [27].

Таким образом, темпы технического перевооружения предприятий легкой промышленности в РФ не соответствуют темпам экономического развития стран G7. Технологическое отставание легкой промышленности связано в том числе с отсутствием средств на развитие научно-экспериментальной базы, с низкими объемами бюджетного финансирования НИР и НИОКР.

Наблюдается острый дефицит рабочих и инженеров, руководителей, менеджеров. стабильное сокращение численности работников предприятий отрасли, заработная плата в отрасли остается одной из самых низких в РФ [28].

Отечественные предприятия, потенциально способные производить продукцию для российских торговых марок, просто не могут этого сделать в результате недостатка персонала и современного оборудования, что приводит к уходу заказов к азиатским производителям, чья продукция широко представлена на полках российских магазинов [29].



Рис. 3

Данные, представленные на рис. 3 (мероприятия по развитию легкой промышленности в Стратегии развития легкой промышленности РФ на период до 2020 года), свидетельствуют о том, что в соответствии

со Стратегией развития легкой промышленности в РФ до 2020 г. представлены разнообразные мероприятия, в том числе связанные с повышением инвестиционной привлекательности; формирование условий по совершенствованию обеспеченности материально-сырьевыми ресурсами; осуществление защиты от незаконного оборота товаров; стимулирование экспорта, а также развитие трудовых ресурсов.

В связи с тем, что Стратегия развития легкой промышленности предусмотрена только до 2020 г., которая в скором времени истекает, то Министерством промышленности и торговли был разработан Проект Стратегии развития легкой промышленности в РФ на период до 2025 г. [30].

Ключевая цель указанной Стратегии заключается в формировании в РФ стабильно развивающейся легкой промышленности, характеризуется интегрированностью в мировую систему разделения труда, основанием которой признаются естественные конкурентные преимущества государства [31]. Стратегические цели развития отрасли представлены на рис. 4.



Рис. 4

Помимо стратегических целей установлены соответствующие направления развития легкой промышленности в РФ до 2025 г. Направления развития отрасли предполагают необходимость развития процессов по обеспечению материальными ресурсами, совершенствования технологической составляющей, формирования необходимых условий, а также минимизации нелегального импорта [32].

На российском потребительском рынке преобладают высококонкурентные товары зарубежных производителей, так как в других странах легкая промышленность более развита, в результате чего отечественным

предприятиям легкой промышленности необходимо более тщательно подходить к вопросам качества и ценообразования выпускаемой продукции.

В настоящее время РФ ежегодно теряет порядка 1,1% ВВП, так как порядка 70...90% текстильной продукции импортируется в нашу страну, и по данным ФСГС, рынок текстиля в РФ в 2017 г. составил 275 млрд. руб., при этом производство синтетических тканей находится в стадии развития, а натуральных тканей высоко локализовано по регионам [33].

В крупных сырьевых странах, таких как США, Канада, ОАЭ и Саудовская Аравия, на базе нефтехимического и топливно-энергетического комплекса развито производство синтетических волокон и нитей из углеводов, поэтому российским предприятиям легкой промышленности необходимо использовать опыт зарубежных стран и внедрять отраслевой бенчмаркинг в своей деятельности [34].

В связи с тем, что разработка Стратегии развития отрасли легкой промышленности в РФ до 2025 г. основана на данных функционирования отрасли по итогам 2014-2015 гг., то в настоящее время в отрасли были реализованы разнообразные изменения. Соответственно особое внимание в данном случае необходимо акцентировать на процессе управления изменениями в Проекте Стратегии развития легкой промышленности до 2025 г.



Рис. 5

Необходимо отметить, что первоочередным моментом признается максимально полное определение стратегических направлений развития. Так, в Проекте Стратегии представлено 4 направления развития отрасли, в том числе обеспечение материальными ресурсами, совершенствование технологической составляющей, формирование необходимых условий, а также минимизация нелегального импорта. Представим более полный состав стратегических направлений развития отрасли в среднесрочной перспективе (рис. 5).

Таким образом, при усилиях самих предприятий легкой промышленности и Правительства РФ с целью возвращения рынка отечественным производителям необходимо еще развивать производства во всех регионах РФ, направленные на импортозамещение оборудования и материалов, в результате чего может быть сформирован мощный организационно-экономический и инновационный потенциал, направленный на развитие внутреннего производства и использование новейших технологий и коммуникаций.

Ожидается, что активная поддержка отраслей легкой промышленности со стороны Правительства РФ в виде четко выстроенной иерархии управления органов исполнительной власти и законодательного закрепления полномочий за предприятиями легкой промышленности приведет к успешному развитию отраслевых рынков, что, в свою очередь, повысит конкурентоспособность предприятий отраслей легкой промышленности, синхронизирует потребности потребителей и производителей, а также увеличит интерес со стороны крупных международных сетей к размещению заказов на пошив готовой продукции в РФ [35].

Данные, представленные на рис. 5, свидетельствуют о том, что требуется расширение стратегических направлений развития легкой промышленности в РФ. При этом требуется акцентировать внимание на такие сферы, как: осуществление борьбы с нелегальным оборотом товаров, осуществление господдержки, развитие и поддержка отечественных НИОКР, формирование со-

ответствующего кадрового потенциала и др.

В современной легкой промышленности РФ наблюдается острый дефицит квалифицированных рабочих и инженеров, и важным остается вопрос о качестве рабочих мест. Необходимость обучения собственных работников, соответствующих требованиям развития отрасли, является особенно важной, так как на ключевых участках, где используются новые технологии, как правило, до сих пор привлекаются иностранные специалисты. Сегодня наибольшим спросом на рынке труда пользуются такие категории работников, как менеджеры, инженерно-технический персонал и т.п. Именно эти профессиональные группы обладают мощным инновационным и интеллектуальным потенциалом и способствуют экономическому росту предприятий легкой промышленности и им следует уделять особое (повышенное) внимание при приеме на работу [36]. В табл. 1 представлен анализ стратегии развития легкой промышленности в РФ на период до 2025 года на основе подхода 4P "Ориентация на результаты".

Особый интерес представляют показатели, которые должны быть достигнуты в результате реализации программы.

1. Рост объема отгруженной инновационной продукции собственного производства, выполненных инновационных работ и услуг собственными силами организаций-участников кластера на территории Ивановской области.

2. Рост совокупной выручки предприятий-участников кластера на территории региона от продаж продукции на экспорт.

3. Рост производительности труда в расчете на одного работника организаций-участников кластера выше среднего по Ивановской области.

4. Развитие кадрового, научного и образовательного потенциала в отраслях текстильной и легкой промышленности, производства медицинских изделий, а также в сфере перспективных технологий производства и переработки полиэтилентерефталата текстильного назначения.

Project – Название проекта/ программы	Purpose – Цели и намерения	Particulars – Частности	People – Люди
Стратегия развития легкой промышленности в РФ на период до 2025 года	Форсайт – изменения (от 5 и выше лет): 1. Российская легкая промышленность в перспективе следующих 10...15 лет может претерпеть значительные технологические изменения и внедрение инноваций, как 3D-печать 2. Технология сканирования корпуса 3. Автоматизация проектирования CAD 4. Технология производства умных изделий	1. Инвестиции, совершенные в 2024-2025 годах, за счет отложенного эффекта повлияют на объем выпуска продукции в 2026-2027 годах, что значительно увеличит общий объем ВВП 2. Увеличит долю экспорта 3. Снизит долю импортозамещения	1. Выполнение указов Президента РФ №596 и №683. Развитие отрасли с учетом интеграции разделения труда. 2. Увеличение рабочих мест. 3. Повышение общего благосостояния граждан
	Стратегические изменения (3...5 лет): 1. Цель стратегии – определить направления развития легкой промышленности в РФ на период до 2025г. 2. Развитие производства готовой продукции 3. Развитие интегрированной производств. цепочки синтетических материалов и технического текстиля, в том числе нетканых материалов	1. В базовом сценарии обеспечит увеличение ВВП с 0,23 до 0,28%, с 200...393 млрд. руб. 2. Снизит долю импорта с 75 до 70% 3. А также предполагает рост экспорта с 79 до 154 млрд.руб. 4. Рост объема инвестиций к 2025 году в 3...4 раза 5. Доля синтетических искусственных волокон увеличится на 54 млрд.руб.	1. Выполнение указов Президента РФ №596 и №683. Развитие отрасли с учетом интеграции разделения труда. 2. Увеличение рабочих мест. 3. Повышение общего благосостояния граждан
	Тактические изменения (1...3 лет): 1. Введение временного запрета на вывоз из РФ кожевенного полуфабриката 2. Снижение зависимости от волатильности по импортным поставкам основных видов сырья.	1. Увеличение объема производства кожи на 4 млрд.руб. в год, это +8% 2. Объем производства обуви, рост на 1 млрд.руб. + 6% в год 3. Создание конкурентных преимуществ для отрасли 4. Снижение барьеров на внешних рынках	1. Возможность использования российской продукции гражданами РФ 2. Новые бренды 3. Увеличение платежеспособности граждан за счет снижения себестоимости сырья
	Оперативные изменения (0...1 лет): 1. Увеличение промышленного экспорта 2. Развитие производства пряжи	1. Текущий объем инвестиций 13...15 млрд.руб. в год 2. Рост увеличения промышленного экспорта с 15 до 19% 3. Уменьшение импортозамещения вискозы на 2%	1. Увеличение рабочих мест

5. Численность работников организаций-участников, прошедших профессиональную переподготовку и повышение квалификации по программам дополнительного профессионального образования в области управления инновационной деятельностью.

6. Рост средней заработной платы работников организаций-участников, прошедших профессиональную переподготовку и повышение квалификации по программам

дополнительного профессионального образования в области управления инновационной деятельностью.

Делая выводы из реализации государственной программы развития легкой промышленности в РФ на период до 2025 года и разработанной Федеральным законом от 28 июня 2014 года №172-ФЗ "О стратегическом планировании в РФ" и указа Президента РФ от 7 мая 2012 г №596 "О долгосрочной экономической политике" и Указа

Президента РФ от 31 декабря 2015 г. №683 "О стратегии национальной безопасности РФ", данная стратегия разработана и частично выполнена с учетом выполнения главных задач стратегии по вехам, о чем свидетельствуют отчеты по мониторингу и выполненные целевые показатели. Данная стратегия разработана с целью определения направлений развития легкой промышленности в РФ, которые позволят создать устойчивую развивающуюся отрасль, основанную на конкурентных преимуществах страны (сырьевая независимость, географическое расположение, относительно низкие цены на топливно-энергетические ресурсы), эффективно интегрированную в мировую систему разделения труда.

ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты исследования отрасли легкой промышленности в РФ свидетельствуют о том, что дальнейшее развитие отрасли должно осуществляться с учетом фактического положения дел, а также имеющихся проблем в отрасли. Так, в настоящее время в РФ действует Стратегия развития легкой промышленности до 2020 года. Кроме того, разработан Проект Стратегии развития легкой промышленности до 2025 года. В рамках представленной Стратегии определены стратегические цели и направления развития отрасли легкой промышленности. Однако, на наш взгляд, требуется акцентировать внимание на управление изменениями в Проекте. Ключевым моментом в данном случае признается установление максимально полного перечня стратегических направлений развития отрасли. Кроме того, требуется акцентировать внимание на учете последних данных о функционировании отраслей легкой промышленности, а также последних изменений в политической и экономической сферах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерлыгина Е.Г., Филимонова В.Д., Лебедев И.А. Анализ направлений развития легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №5. С.47...50.

2. Yusupov U. Industry characteristics management of innovative processes at the enterprises of light industry // European Journal of Economics and Management Sciences. – №2, 2015. P. 46...48.

3. Bezpalov V.V., Lochan S.A., Fedyunin D.V. The signs of economic disparity in Russia following the implosion of the USSR. Visual Anthropology. – V. 33, №2. P. 116...127.

4. Ловкова Е.С., Павленко С.О., Саркисян К.С. Государственная поддержка текстильной и легкой промышленности на российском рынке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №5. С.61...66.

5. Kvasnycka R.S., Derykot O.M. Organizational structure of management by the enterprises of light industry: the state and directions of development // Science and Society. – №2, 2012. P. 116...128.

6. Gulbakhor K., Fayoz K., Mokhinur N., Dildora Y. Main directions of investment project management in light industry enterprises // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. – V. 24, № 5. P. 4981...4997.

7. Симонова В.А., Задорнов К.С., Сенков В.А., Квач Н.М. Качественная оценка затрат и инвестиций в проекты информационной безопасности предприятий легкой промышленности // Индустриальная экономика. – 2021. Т. 2, № 2. С. 47...52.

8. Aizhnova I.M. Russian light industry on the threshold of the world trade organization. Studies on Russian Economic Development. – 2012. V. 23, № 6. P.572...584.

9. Косикова Ю.А., Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Кудрявцев В.В., Положенцева И.В., Фадеев А.С. Анализ внешнейторговой политики Российской Федерации и предложения по увеличению ее эффективности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 3. С. 5...10.

10. Аймен А.Т., Аташева Д.О., Хажгалиева Д.М., Сулейменова И.К. Проблемы импортозамещения в легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №2. С.47...52.

11. Podshibiyakina T.A., Zaitseva N.A., Larionova A.A., Kosolapov A.B., Zhenzhebir V.N., Palastina I.P., Polozhentseva I.V. Evaluation of the influence of economic and national factors on the dissemination of political ideas in the context of globalization // Modern Journal of Language Teaching Methods. – V. 8, № 11. P. 62...68.

12. Madrahimovich R.N., Bulturbayevich M.B. Advantages of vertical integrated enterprises (under light industry enterprises) // Test Engineering and Management. – V. 81, № 11-12, 2019. P. 1596...1606.

13. Savina T., Filatov V., Mishakov V., Osipenko S., Artemyeva S. Corporate social responsibility: necessity to integrate into educational programs of economists and lawyers // Proceedings of: E3S Web of Conferences. – 1, 2020. P. 07009.

14. Петрухин А.Б., Дмитриев Ю.А., Омаров М.М., Минин Д.Л. Инвестиционный потенциал и прогноз развития отраслей легкой и текстильной

промышленности Российской Федерации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №6. С.26...31.

15. *Chernyaeva Victoria Aleksandrovna, Wang Dianhua*. Light industry as the dominant sector of interaction between Russia and China // Наука, техника и образование. – 2021, № 3 (78). С. 28...31.

16. *Abdikerimova G.I., Nurashveva K.K., Umbetaliyev N.A., Bekmanova G.* Light industry of the republic of Kazakhstan: risks, problems and ways of their resolution // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2020, № 4. P. 14...17.

17. *Krasinal I.V., Gatiyatullina R.F.* Preparation of highly qualified female personnel for the development of light industry // Proceedings of 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2013. – 2013. P. 401...402.

18. *Potudanskaya V.F., Borovskikh N.V., Kiperpar E.A.* Problems of formation and development of the innovative potential of workers of light industry enterprises. *Espacios*. – 2017. V. 38. № 49. P. 9.

19. *Alekseevna M.V., Nikolaevna M.L., Vasilyevna K.L.* Innovative approach in garment construction and manufacturing technologies of light industry products // International Journal of Engineering and Technology(UAE). – V. 7, № 3, 2018. P. 68...70.

20. *Матушкина О.Е., Вишнякова О.М., Карпушкина А.В.* Оптимизация среды поставок предприятия легкой промышленности на основе сравнительного анализа поставщиков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №1. С.29...32.

21. *Lipina S.A., Lochan S.A., Fedyunin D.V., Bezpalov V.V.* Government promoting communication tool in innovation development of companies // European Research Studies Journal. – V. 20, № 4B, 2017. P.536...547.

22. *Bezpalov V.V., Sorokina N.Y., Lochan S.A.* Modernization of management of the regional economy as an instrument for solving tasks related to import substitution // Journal of Internet Banking and Commerce. – V. 21, № S6, 2016.

23. *Lochan S.A., Fedyunin D.V., Bezpalov V.V., Petrovyan D.S.* Theoretical issues of the formation of the industrial policy of enterprises // International Journal of Economics and Financial Issues. – V. 5, № 3S, 2015. P.274...280.

24. *Bezpalov V.V., Fedyunin D.V., Avtonomova S.A., Lochan S.A., Solopova N.A.* A model for managing the innovation-driven development of a regional industrial complex // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – V. 6, № 4, 2019. P. 1884...1896.

25. *Filatov V., Mishakov V., Osipenko S., Artemyeva S., Kolontaevskaya I.* Industry 4.0 concept as an incentive to increase the competitiveness of the food and processing industries of the Russian Federation // Proceedings of: E3S Web of Conferences. – 1, 2020. P.03040.

26. *Аймен А.Т., Аташева Д.О., Хажгалиева Д.М., Амирова Г., Сулейменова И.* Опыт зарубежных

стран в развитии легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №2. С.57...59.

27. *Ловкова Е.С., Павленко С.О., Саркисян К.С.* Государственная поддержка текстильной и легкой промышленности на российском рынке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №5. С.61...66.

28. *Ксенофонтова Х.З., Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Нечаев Б.П., Осинская Т.В., Панов С.А.* Трансформация структуры знаний руководителей промышленной компании – источник развития их новых компетенций: региональный аспект // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 4. С. 157...164.

29. *Каюмова Р.Ф.* Управление ассортиментом на малых предприятиях легкой промышленности Республики Башкортостан // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №1. С.10...14.

30. *Нидзий Е.Н., Чугумбаев Р.Р.* Аналитическое обоснование стратегии инновационных изменений предприятий легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №1. С.43...49.

31. *Грасмик К.И., Дусь Ю.П.* Инновации в легкой промышленности: влияние экономического кризиса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №4. С.5...9.

32. *Леонов С.А.* Организация бизнес-процессов на предприятиях швейной отрасли легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №1. С.17...23.

33. *Джолдасбаева Г.К., Епанчинцева С.Е., Есилбаева Ж.Е.* Факторы эффективности и конкурентоспособности предприятий легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №6. С.40...43.

34. *Ловкова Е.С., Ялунина Е.Н.* Малый бизнес – как фактор развития легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №5. С.75...78.

35. *Дмитриев Ю.А., Петрухин А.Б., Шустров Л.И., Шустров Т.Л.* Создание кластеров – важнейший фактор подъема текстильной и легкой промышленности региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №4. С.9...14.

36. *Филатов В.В., Мишаков В.Ю. и др.* Автоматизация систем управления предприятий легкой промышленности: отраслевой и региональный аспект. – Том 1. Промышленная автоматизация предприятий легкой промышленности. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2021. С. 353.

REFERENCES

1. *Erlygina E.G., Filimonova V.D., Lebedev I.A.* Analiz napravlenij razvitiya legkoj promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №5. С.47...50.

2. Yusupov U. Industry characteristics management of innovative processes at the enterprises of light industry // *European Journal of Economics and Management Sciences*. – №2, 2015. P. 46...48.
3. Bezpалov V.V., Lochan S.A., Fedyunin D.V. The signs of economic disparity in Russia following the implosion of the USSR. *Visual Anthropology*. – V. 33, №2. P. 116...127.
4. Lovkova E.S., Pavlenko S.O., Sarkisjan K.S. Gosudarstvennaja podderzhka tekstil'noj i legkoj promyshlennosti na rossijskom rynke // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2018, №5. S.61...66.
5. Kvasnycka R.S., Derykot O.M. Organizational structure of management by the enterprises of light industry: the state and directions of development // *Science and Society*. – №2, 2012. P. 116...128.
6. Gulbakhor K., Fayozha K., Mokhinur N., Dildora Y. Main directions of investment project management in light industry enterprises // *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*. – V. 24, № 5. P. 4981...4997.
7. Simonova V.A., Zadornov K.S., Senkov V.A., Kvach N.M. Kachestvennaja ocenka zatrat i investicij v proekty informacionnoj bezopasnosti predpriyatij legkoj promyshlennosti // *Industrial'naja jekonomika*. – 2021. T. 2, № 2. S. 47...52.
8. Aizinova I.M. Russian light industry on the threshold of the world trade organization. *Studies on Russian Economic Development*. – 2012. V. 23, № 6. P.572...584.
9. Kosikova Ju.A., Filatov V.V., Mishakov V.Ju., Kudrjavcev V.V., Polozhenceva I.V., Fadeev A.S. Analiz vneshnetorgovoj politiki Rossijskoj Federacii i predlozhenija po uvelicheniju ee jeffektivnosti // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2020, № 3. S. 5...10.
10. Ajmen A.T., Atasheva D.O., Hazhgalieva D.M., Sulejmenova I.K. Problemy importozameshhenija v legkoj promyshlennosti // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2020, №2. S.47...52.
11. Podshibyakina T.A., Zaitseva N.A., Larionova A.A., Kosolapov A.B., Zhenzhebr V.N., Palastina I.P., Polozhentseva I.V. Evaluation of the influence of economic and national factors on the dissemination of political ideas in the context of globalization // *Modern Journal of Language Teaching Methods*. – V. 8, № 11. P. 62...68.
12. Madrahimovich R.N., Bulturbayevich M.B. Advantages of vertical integrated enterprises (under light industry enterprises) // *Test Engineering and Management*. – V. 81, № 11-12, 2019. P. 1596...1606.
13. Savina T., Filatov V., Mishakov V., Osipenko S., Artemyeva S. Corporate social responsibility: necessity to integrate into educational programs of economists and lawyers // *Proceedings of: E3S Web of Conferences*. – 1, 2020. P. 07009.
14. Petruhin A.B., Dmitriev Ju.A., Omarov M.M., Minin D.L. Investicionnyj potencial i prognoz razvitiya otraslej legkoj i tekstil'noj promyshlennosti Rossijskoj Federacii // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2020, №6. S.26...31.
15. Chernyaeva Victoria Aleksandrovna, Wang Dianhua. Light industry as the dominant sector of interaction between Russia and China // *Nauka, tehnika i obrazovanie*. – 2021, № 3 (78). S. 28...31.
16. Abdikerimova G.I., Nurashva K.K., Umbetaliyev N.A., Bekmanova G. Light industry of the republic of Kazakhstan: risks, problems and ways of their resolution // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2020, № 4. P. 14...17.
17. Krasinal I.V., Gatiyatullina R.F. Preparation of highly qualified female personnel for the development of light industry // *Proceedings of 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2013*. – 2013. P. 401...402.
18. Potudanskaya V.F., Borovskikh N.V., Kiperpar E.A. Problems of formation and development of the innovative potential of workers of light industry enterprises. *Espacios*. – 2017. V. 38. № 49. P. 9.
19. Alekseevna M.V., Nikolaevna M.L., Vasilyevna K.L. Innovative approach in garment construction and manufacturing technologies of light industry products // *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. – V. 7, № 3, 2018. P. 68...70.
20. Matushkina O.E., Vishnjakova O.M., Karpushkina A.V. Optimizacija sredej postavok predpriyatija legkoj promyshlennosti na osnove sravnitel'nogo analiza postavshhikov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2017, №1. S.29...32.
21. Lipina S.A., Lochan S.A., Fedyunin D.V., Bezpалov V.V. Government promoting communication tool in innovation development of companies // *European Research Studies Journal*. – V. 20, № 4B, 2017. P.536...547.
22. Bezpалov V.V., Sorokina N.Y., Lochan S.A. Modernization of management of the regional economy as an instrument for solving tasks related to import substitution // *Journal of Internet Banking and Commerce*. – V. 21, № S6, 2016.
23. Lochan S.A., Fedyunin D.V., Bezpалov V.V., Petrosyan D.S. Theoretical issues of the formation of the industrial policy of enterprises // *International Journal of Economics and Financial Issues*. – V. 5, № 3S, 2015. P.274...280.
24. Bezpалov V.V., Fedyunin D.V., Avtonomova S.A., Lochan S.A., Solopova N.A. A model for managing the innovation-driven development of a regional industrial complex // *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. – V. 6, № 4, 2019. P. 1884...1896.
25. Filatov V., Mishakov V., Osipenko S., Artemyeva S., Kolontaevskaya I. Industry 4.0 concept as an incentive to increase the competitiveness of the food and processing industries of the Russian Federation // *Proceedings of: E3S Web of Conferences*. – 1, 2020. P.03040.
26. Ajmen A.T., Atasheva D.O., Hazhgalieva D.M., Amirova G., Sulejmenova I. Opyt zarubezhnyh stran v razvitiij legkoj promyshlennosti // *Izvestiya Vysshikh*

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №2. S.57...59.

27. Lovkova E.S., Pavlenko S.O., Sarkisjan K.S. Gosudarstvennaja podderzhka tekstil'noj i legkoj promyshlennosti na rossijskom rynke // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №5. S.61...66.

28. Ksenofontova H.Z., Filatov V.V., Mishakov V.Ju., Nechaev B.P., Osinskaja T.V., Panov S.A. Transformacija struktury znanij rukovoditelej promyshlennoj kompanii – istochnik razvitija ih novyh kompetencij: regional'nyj aspekt // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 4. S. 157...164.

29. Kajumova R.F. Upravlenie assortimentom na malyh predprijatijah legkoj promyshlennosti Respubliki Bashkortostan // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №1. S.10...14.

30. Nidzij E.N., Chugumbaev R.R. Analiticheskoe obosnovanie strategii innovacionnyh izmenenij predprijatij legkoj promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №1. S.43...49.

31. Grasmik K.I., Dus' Ju.P. Innovacii v legkoj promyshlennosti: vlijanie jekonomicheskogo krizisa // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №4. S.5...9.

32. Leonov S.A. Organizacija biznes-processov na predprijatijah shvejnoj otrasli legkoj promyshlennosti //

Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, №1. S.17...23.

33. Dzholdasbaeva G.K., Epanchinceva S.E., Esilbaeva Zh.E. Faktory jeffektivnosti i konkurentosposobnosti predprijatij legkoj promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №6. S.40...43.

34. Lovkova E.S., Jalunina E.N. Malyj biznes – kak faktor razvitija legkoj promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №5. S.75...78.

35. Dmitriev Ju.A., Petruhin A.B., Shustrov L.I., Shustrov T.L. Sozdanie klasterov – vazhnejshij faktor pod#ema tekstil'noj i legkoj promyshlennosti regiona // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №4. S.9...14.

36. Filatov V.V., Mishakov V.Ju. i dr. Avtomatizacija sistem upravlenija predprijatij legkoj promyshlennosti: otraslevoj i regional'nyj aspekt.– Tom 1. Promyshlennaja avtomatizacija predprijatij legkoj promyshlennosti. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2021. S. 353.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса ГГУ имени А.Н. Ксыгина. Поступила 13.08.21.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_18

АНАЛИЗ РЫНКА МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ГИДРОФОБНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ВЕРХНЕЙ ОДЕЖДЫ

MARKET ANALYSIS OF MEMBRANE MATERIALS MADE OF HYDROPHOBIC POLYMER FIBERS FOR OUTERWEAR

Э.А. ХАММАТОВА, Р.Ф. ГАЙНУТДИНОВ

E.A. KHAMMATOVA, R.F. GAINUTDINOV

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

В данной статье представлен расширенный анализ мембранных материалов из гидрофобных полимерных волокон для одежды, проведены исследования максимальных характеристик альтернативных материалов, приведен обзор состояния мембранной индустрии, показаны актуальные науч-

ные достижения в производстве мембран, а также перспективы их дальнейшего развития в отраслях промышленности Российской Федерации.

This article presents an extended analysis of membrane materials made of hydrophobic polymer fibers for clothing, studies of the maximum characteristics of alternative materials are conducted, an overview of the state of the membrane industry is given, current scientific achievements in the production of membranes are shown, as well as prospects for their further development in the industries of the Russian Federation.

Ключевые слова: мембрана, покрытие, текстильный материал, лицевой слой свойства, водоупорность и паропроницаемость, одежда.

Keywords: membrane, coating, textile material, face layer properties, water resistance and vapor permeability, clothing.

Российская мембранная наука продолжает занимать лидирующие позиции в мире. Благодаря многолетней государственной поддержке, к концу 2000-х годов удалось создать производство различных типов мембран. Мембрана – это всего лишь часть сложной конструкции мембранного материала, ее рабочий слой, где на квадратный дюйм приходится порядка 9 млрд. пор, каждая из которых в 20 тысяч раз меньше, чем капля воды, но в 700 раз больше, чем молекула пара [1].

Для изготовления мембран используются синтетические полимеры, в частности:

- полиуретан - PU (мембрана Toray),
- политетрафторэтилен или тефлон - ePTFE (мембрана Gore-Tex, eVENT),
- сополимеры полиэстера и простых полиэфиров (мембрана Sympatex).

Мембранный материал из гидрофобных полимерных волокон – одно из актуальных изобретений человечества. Мембранные материалы, обладающие водоупорностью, паропроницаемостью с сочетанием высоких барьерных свойств, а также дышащими свойствами являются наиболее передовыми материалами с технической точки зрения [2].

На сегодняшний день значительная часть мембранных материалов на отечественном рынке являются продуктами импортного производства. Импортозамещение в этой сфере происходит медленно. Однако благодаря программе поддержки

Минпромторга РФ уже появились ниши, где российские мембранные материалы утвердились практически стопроцентно. В первую очередь в сфере легкой промышленности, а также в промышленных областях – при очистке воды, переработке промышленных отходов, биотехнологии, медицине, строительстве и др. [3].

Текстильные мембранные материалы выходят на еще более высокий уровень технического развития и их получают с помощью технологии ламинирования гидрофобными веществами [4]. Современные мембранные материалы, применяемые в экипировке, способны транспортировать сквозь себя пары воды, оставаясь при этом непроницаемыми для воды в жидкой форме [5].

Рассмотрим ассортимент водонепроницаемых мембранных материалов из гидрофобных полимерных волокон, обладающих водоупорностью и паропроницаемостью с сочетанием высоких барьерных свойств.

Gore-Tex – тончайшая микропористая мембрана, состоящая из вспененного политетрафторэтилена (ПТФЭ), или тефлон, крайне гидрофобное вещество, что позволяет мембране дополнительно после внешнего слоя ткани отталкивать воду.

По-разному комбинируя лицевой слой, мембрану и подкладку, используя разные материалы для лицевого слоя и подкладки, добавляя или не добавляя теплоизоляцию, а также меняя крой и дизайн, можно влиять на характеристики готовой вещи: показатели водонепроницаемости и "дышимос-

ти", износостойкость, прочность, эластичность, вес, компактность и др. Этим обусловлено разнообразие технологий Gore-Tex [6].

Мембранные материалы класса Gore-Tex могут гарантировать водостойкость при любом объеме осадков и в течение продолжительного времени и обычно обладают водостойкостью от 23000 до 28000 мм водяного столба. Это один из самых высоких показателей в индустрии одежды для открытого воздуха. Для сравнения, среднее значение, с которым сталкиваются в реальных условиях – 15000 мм водяного столба. Проведем анализ одного из них.

Gore-Tex Pro – является одним из наиболее технологичных и современных примеров мембранного материала для наиболее экстремальных погодных условий, который состоит из сэндвича – нескольких слоев ПТФЭ, что позволило добиться значительного увеличения показателей паропроницаемости при традиционно высоком для тканей Gore-Tex уровне влагозащиты.

Ткани с мембранами Gore-Tex тестируются по методике RET (Resistance of Evaporation of a Textile), которая определяет, насколько материал сопротивляется транспорту водяного пара. Чем ниже значение RET, тем выше дышащие способности мембраны. Установлено, что все изделия Gore-Tex "хорошо дышащие" RET <13.

eVent – единственная в мире гидрофобная микропористая мембрана, состоящая из гидрофобного материала на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) с интегрированной олеофобной защитой. Благодаря олеофобной обработке волокон, слагающих мембрану, поры мембраны остаются открытыми постоянно. Такие мембраны обладают множеством микроскопических отверстий, размер которых не позволяет каплям воды проникнуть внутрь, но при этом он достаточно велик, чтобы пропускать отдельные молекулы водяного пара при испарении [7].

В настоящее время среди материалов eVent выделяются три группы мембранных тканей:

- waterproof – водонепроницаемые ткани;

- windproof – ветрозащитные ткани;
- professional – ткани для профессионального использования.

eVent – это целая серия водонепроницаемых тканей с показателями влагостойкости в пределах от 10 000 до 30 000 мм водяного столба. Важно также отметить, что мембрана eVent эффективно выводит влагу, в том числе и при отрицательной температуре и невысокой влажности. Технологические детали придания ПТФЭ-основе защитных олеофобных свойств держатся производителем в секрете.

Следует отметить, что в качестве слабых сторон мембранных материалов eVent часто указывают возможно меньшую износостойкость и долговечность.

Главным преимуществом мембраны eVent являются непревзойденные дышащие свойства при необходимо высоком уровне влагозащиты. Паропроницаемость (определяемая по методу перевернутой чаши JIS L 1099 B2) составляет от 10 000 до 30 000 г/м²/24 ч.

В производстве мембраны eVent используется технология Direct Venting, прямой вентиляции. Благодаря этому необходимость защищать мембрану от выделений с поверхности кожи (масел, соли и прочего) с помощью дополнительного полиуретанового покрытия волокон отпадает, в отличие от комбинированных мембран, таких как современные версии Gore-Tex.

NeoShell – является одним из наиболее интересных примеров поровых мембран от компании "Polartec". В отличие от классических поровых мембран, которые производятся при помощи многократного растяжения нагретого политетрафторэтилена (ПТФЭ) или гидрофильного полиуретана (PU), NeoShell – электроспиннинговая мембрана, которая создается из тончайших полиуретановых волокон, формирующихся в единый массив с помощью электромагнитного поля. Такая технология позволяет добиться большего, а главное – контролируемого расстояния между волокнами мембраны, что позволяет обеспечить двусторонний воздухообмен. Как следствие – лучшая паропроницаемость, особенно ощути-

мая в условиях нагрузок высокой интенсивности и помогающая избежать перегрева организма пользователя [8].

NeoShell обладает относительно невысокими показателями водостойкости (10 000 мм водяного столба) и по заверению "Polartec", этого достаточно, чтобы считать ткань водонепроницаемой. Результаты теста на паропроницаемость составляют до 33 000 г/м²/24ч, что превышает значения почти всех мембранных материалов на рынке.

Pertex Shield представляет из себя плотную нейлоновую ткань с поровой полиуретановой мембраной-покрытием, обеспечивающим высокую водостойкость и дышащие свойства. Обладает высокой прочностью при малом весе. Нередко применяется для усиления подверженных истиранию зон сверхлегкой влагозащитной одежды (куртка Montane Grand Tour).

Pertex Shield позиционируется как мембранный материал для высокой активности на свежем воздухе. Гидрофильная PU-мембрана толщиной порядка 7 мкм обеспечивает высокий уровень динамической паропроницаемости, и чем больше потоотделение, тем быстрее работает мембрана.

Группа материалов *Pertex Shield* принципиально отличается от других тканей *Pertex* наличием в своей конструкции климатической полиуретановой мембраны. Таким образом, группу *Pertex Shield* логичнее называть не тканями, а мембранными сэндвичами, состоящими из слоев ткани и мембраны.

По тесту показатель водостойкости ткани составляет около 25000 мм водяного столба, а паропроницаемость до 20000 г/м²/24ч. Ткань отличается очень низким весом, компактна в упаковке и мягка на ощупь.

Dermizax – классическая версия беспорового мембранного материала на основе полиуретана. Один из самых успешных способов применения беспоровых полиуретановых мембранных ламинатов – мембраны *Dermizax* японской компании "Toray".

Мембрана *Dermizax* изготавливается из гидрофильного материала, который дей-

ствует благодаря перемещению в ней частиц на молекулярном уровне (диффузии) в отличие от пористых мембран и мембран комбинированного типа. Это позволяет получить множество преимуществ, прежде всего – полную водоупорность до 20000 г/м²/24ч, высокую паропроницаемость до 18000 г/м²/24ч, долговечность и неприхотливость в использовании [9].

Неоспоримым преимуществом мембранных материалов подобного типа является эластичность – мембрана *Dermizax* способна растягиваться на 200% собственной длины, что часто является определяющим при выборе одежды для аутдора.

Важным свойством материалов *Dermizax* является то, что их паропроницаемость повышается с повышением температуры тела, что позволяет эффективно предохранять тело от перегрева. Обеспечивает долговечную защиту от внешних воздействий в самых разных условиях. Сейчас *Dermizax* – это целая линейка материалов.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в самом общем смысле, наиболее надежной функцией свойств мембраны можно считать ее стоимость. Следует иметь в виду, что стоимость собственно изделия и ткани – не всегда адекватно связаны напрямую. Подавляющее большинство используемых в наши дни мембранных материалов, порой даже бюджетного класса, обеспечивают высокую водостойкость "с запасом". Важнее их "дышащие" свойства, а также крой готовой одежды, применяемая в ней лицевая ткань, фурнитура и пр.

Производители с историей, обладающие значительными техническими мощностями, уделяют много внимания тестам материалов, что не может не сказываться на производительности мембранных тканей. Например, Gore-Tex – наверняка, надежный вариант для широкого круга условий, в этом сомневаться не приходится.

При выборе одежды для использования в суровых погодных условиях – особенно если речь идет о повышенной влажности и не слишком низких температурах – стоит,

конечно, отталкиваться от Gore-Tex Pro. Ткань не только обеспечивает максимальную защиту от воды и эффективно отводит влагу, но и отлично защищена от порезов и истирания.

Что касается беспоровых мембран, не рекомендовали бы использовать их при интенсивных нагрузках, особенно если речь идет о полиуретановых мембранах среднего уровня. Уровень паропроницаемости у таких пока недостаточно высок. Однако они отлично подойдут в качестве легкой одежды для плохой погоды, которая проводит основное время в рюкзаке.

При выборе повседневной одежды с функцией защиты от плохой погоды стоит в большей степени отталкиваться от максимально высокой паропроницаемости материала, поскольку подвергнуть одежду длительному воздействию дождя и снега в городских условиях не всегда получается. Поэтому хорошую рекомендацию от производителей одежды получили мембранные материалы Gore-Tex, eVent и Polartec NeoShell.

ЛИТЕРАТУРА

1. Производство мембранной ткани. [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://www.mercury-tex.ru/images/COVID19-27.05.20.pdf>.
2. О мембранах с любовью [Электронный ресурс] / Режим доступа: / www.splav.ru / (Дата обращения: 24.07.2021).
3. На рынке мембран и мембранных модулей [Электронный ресурс] / Режим доступа: / https://aqua-therm.ru/articles/articles_27.html/ (Дата обращения: 25.07.2021).
4. Многослойные ламинированные пленки [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://e-plastic.ru/specialistam/extrusion/mnogosloynnye-laminirovannye-plenki/> (Дата обращения: 26.07.2021).
5. *Логинава Е.А., Климова Н.А., Бешшапошников В.И.* Анализ и систематизация ассортимента мембранных тканей для одежды // VI Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020). – РГУ им. А.Н. Косыгина, М., 20 октября 2020 г. С. 46...49.
6. Строение и принцип работы мембраны Gore-Tex [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://sport-marafon.ru/article/biblioteka-tekhnologiy/pro-membrany-gore-tex-istoriya-tekhnologii-vidy/> (Дата обращения: 26.07.2021).
7. Мембраны eVent. Обзор мембранных технологий eVent fabrics® [Электронный ресурс] Режим

доступа: <https://sport-marafon.ru/article/biblioteka-tekhnologiy/pro-membrany-gore-tex-istoriya-tekhnologii-vidy/> (Дата обращения: 28.07.2021).

8. Мембраны и ткани. Самая "дышащая" мембрана - Polartec® NeoShell [Электронный ресурс] Режим доступа: https://baskcompany.ru/info/stati/membrani-i-tkani/polartec_neoshell.html/ (Дата обращения: 30.07.2021).

9. Про мембранные материалы Dermizax [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://sport-marafon.ru/article/biblioteka-tekhnologiy/pro-membrannye-materialy-dermizax/> (Дата обращения: 02.08.2021).

REFERENCES

1. Proizvodstvo membrannoy tkani. [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: / <https://www.mercury-tex.ru/images/COVID19-27.05.20.pdf>.
2. O membranakh s lyubov'yu [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: / www.splav.ru / (Data obrashcheniya: 24.07.2021).
3. Na rynke membran i membrannykh moduley [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: / https://aqua-therm.ru/articles/articles_27.html/ (Data obrashcheniya: 25.07.2021).
4. Mnogosloynnye laminirovannye plenki [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: / <https://e-plastic.ru/specialistam/extrusion/mnogosloynnye-laminirovannye-plenki/> (Data obrashcheniya: 26.07.2021).
5. Loginova E.A., Klimova N.A., Beshshaposhnikova V.I. Analiz i sistematizatsiya assortimenta membrannykh tkaney dlya odezhdy // VI Mezhdunar. nauchn.-tekh. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2020). – RGU im. A.N. Kosygina, M., 20 oktyabrya 2020 g. S. 46...49.
6. Stroenie i printsip raboty membrany Gore-Tex [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: / <https://sport-marafon.ru/article/biblioteka-tekhnologiy/pro-membrany-gore-tex-istoriya-tekhnologii-vidy/> (Data obrashcheniya: 26.07.2021).
7. Membrany eVent. Obzor membrannykh tekhnologiy eVent fabrics® [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa: <https://sport-marafon.ru/article/biblioteka-tekhnologiy/pro-membrany-gore-tex-istoriya-tekhnologii-vidy/> (Data obrashcheniya: 28.07.2021).
8. Membrany i tkani. Samaya "dyshashchaya" membrana - Polartec® NeoShell [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa: https://baskcompany.ru/info/stati/membrani-i-tkani/polartec_neoshell.html/ (Data obrashcheniya: 30.07.2021).
9. Pro membrannye materialy Dermizax [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: / <https://sport-marafon.ru/article/biblioteka-tekhnologiy/pro-membrannye-materialy-dermizax/> (Data obrashcheniya: 02.08.2021).

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 13.08.21.

**ЭКОНОМИКО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ТКАНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ЛЕНТЫ И РОЗЕТКИ)
ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАГРАД РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ECONOMIC AND LEGAL ASPECTS
OF THE RUSSIAN FEDERATION STATE AWARDS FABRIC ELEMENTS (RIBBONS
AND ROSETTES) MANUFACTURE**

A.C. КАПУСТКИН

A.S. KAPUSTKIN

(Государственный Владимиро-Суздальский музей-заповедник)

(State Vladimir-Suzdal Museum-Reserve)

E-mail: kac33@mail.ru

В публикации автор анализирует экономико-правовые аспекты изготовления тканевых элементов государственных наград Российской Федерации. Обращается внимание на рост значения наград и их элементов как нефинансовых стимулов в эпоху экономического кризиса. Указывается на возможность участия текстильных предприятий в изготовлении лент и розеток для наград. Автор обращает внимание на правовые и геральдические нормы, которые необходимо учитывать при производстве лент и розеток. Выявляет лакуны в действующем российском законодательстве.

In this publication the author analyzes the economic and legal aspects of the Russian Federation state awards fabric elements manufacture. Attention is drawn to the growing importance of awards and their elements as non-financial incentives in the era of economic crisis. The possibility of participation of textile enterprises in the production of ribbons and rosettes for awards is indicated. The author draws attention to the legal and heraldic norms that must be taken into account in the production of ribbons and rosettes. Also gaps in the current Russian legislation are identified.

Ключевые слова: текстильная промышленность, ленты, награды, наградные планки, наградные розетки, экономический кризис, право, геральдика.

Keywords: textile industry, ribbons, awards, award bars, award rosettes, economic crisis, law, heraldry.

В настоящее время, когда мир переживает очередной экономический кризис, связанный с последствиями пандемии Covid-19, возрастает роль нефинансовых форм поощрения, среди которых одной из наиболее распространенных следует назвать награды. Награды учреждены едва ли не во всех

странах мира. Большинству людей понятно их назначение и основание появления у конкретного человека, для многих получение награды является желанным. Исследуя награды, современные авторы обращают внимание на существование у них экономической функции, однако в основном в дей-

ствительности речь идет о функции экономии средств юридической техники. На наш взгляд, есть основания говорить о собственно экономической функции наград – создании условий для экономии финансовых средств в процессе стимулирования общественно полезной деятельности. Так, к примеру, для многих художников гораздо желаннее получить государственную награду – почетное звание "Заслуженный художник Российской Федерации", чем областную премию в размере 150 000 рублей. При этом реальные затраты на изготовление наградных атрибутов к почетному званию составят существенно меньшую сумму: столько, сколько стоит небольшой серебряный знак и бумажное удостоверение. Таким образом, при минимальных финансовых затратах возможен большой эффект, в частности, в сфере стимулирования труда.

Символичность является одним из признаков наград, позволяющим отличать их от других форм поощрений (премий и иных выплат, подарков и пр.). Все существо награды пронизано символизмом, и одним из наиболее символических ее элементов в современном мире является наградная лента. Набор и расположение цветов в ленте одной награды, как правило, не только позволяет отличить ее от других (особенно в случае ношения только планок), но и имеет собственный смысл. Так, известно, что оранжевый и черный цвета георгиевской ленты, используемой в качестве элемента военных наград, символизируют огонь и порох. На ленте как элементе награды и ее вариациях (планки и розетки) мы и остановимся подробнее в данном исследовании.

Существование наградных лент, как и наград, от момента учреждения до изготовления и дальнейшего бытования урегулировано действующим законодательством. Положением о государственных наградах установлено, что "...награжденные государственными наградами, за исключением знака особого отличия – медали "Золотая Звезда", могут носить как сами государственные награды, так ... и ленты к государ-

ственным наградам в виде планок или розеток установленных размеров...", если это предусмотрено соответствующим статутом ордена или положением об ином виде награды. В виде розетки предусмотрено повседневное ношение на гражданском костюме только лент орденов Российской Федерации.

Одним из элементов документа об учреждении награды (положения, статута) является описание награды (наградного знака), как правило, данный раздел оформляется в виде приложения к основному учреждающему награду документу. Этот документ выступает, в связи с темой данной публикации, с одной стороны, в качестве основы технического задания для изготовителя, с другой стороны, помогает сориентироваться изготовителям других наград, чтобы не повториться. Например, согласно описанию Ордена Дружбы, знак ордена носится на пятиугольной колодке, "...обтянутой шелковой, муаровой лентой зеленого цвета с голубыми полосками вдоль краев. Ширина ленты – 24 мм, ширина голубых полосок – 6 мм". Следовательно, именно такой нужно изготовить ленту этого ордена. В учредительных документах награды подобные требования устанавливаются и в отношении планок и розеток наградных лент. К примеру, лента ордена Святого апостола Андрея Первозванного "на форменной одежде носится на планке высотой 12 мм, ширина ленты – 45 мм. Для награжденных за отличия в боевых действиях на ленте дополнительно располагаются два миниатюрных перекрещивающихся позолоченных меча. На ленте ордена в виде розетки крепится миниатюрное изображение знака ордена из металла золотистого цвета с эмалью. Диаметр розетки – 16 мм. Для награжденных за отличия в боевых действиях на ленте в виде розетки дополнительно располагаются два миниатюрных перекрещивающихся позолоченных меча, не выходящих по своим размерам за пределы розетки".

Указом Президента Российской Федерации от 07.06.2011 № 721 определены единственные исполнители государственных заказов на изготовление государственных

наград Российской Федерации, государственных наград СССР, а также их дубликатов и муляжей – Федеральное государственное унитарное предприятие "Гознак" и Федеральное государственное унитарное предприятие "Центр "Русские ремесла". Указом Президента Российской Федерации от 26.08.2005 № 985 изготовление государственных наград определено в качестве приоритетного направления деятельности данного предприятия ФГУП "Гознак". Соответствующие закупки осуществляются Управлением делами Президента Российской Федерации на основании государственного контракта. Так, по государственному контракту от 30.10.2014 № УД-1237д Центр "Русские ремесла" осуществил изготовление и поставку планки ордена Святого апостола Андрея Первозванного и орденской ленты в виде розетки, а также 30 розеток ордена Александра Невского, на общую сумму 142 905 рублей. При этом Центр "Русские ремесла" осуществляет закупки элементов лент и розеток у других поставщиков, в том числе индивидуальных предпринимателей. Таким образом, мы можем констатировать, что, несмотря на особые требования, предъявляемые при изготовлении государственных наград, и установление ограниченного числа исполнителей таких заказов, эту сферу экономики нельзя назвать полностью закрытой для частного бизнеса, в том числе, текстильного, который может выступать в качестве поставщика комплектующих.

Указом Президента Российской Федерации от 07.09.2010 № 1099 установлено, что "...незаконные подделка, изготовление знаков, имеющих схожее название или внешнее сходство с государственными наградами, влекут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации". Так, за "...подделку, изготовление или сбыт поддельных государственных наград..." наступает уголовная ответственность, а за изготовление знаков, имеющих схожее название или внешнее сходство с государственными наградами – административная. Данные положения необходимо учитывать, к примеру, для того, чтобы изготовители наградных лент не стали со-

участниками преступления при изготовлении поддельных государственных наград или не нарушили административное законодательство при изготовлении лент к иным видам наград (ведомственные, региональные, общественные и т.п.). Цвета и их расположение в лентах иных (не государственных) наград не должны повторять цвета лент государственной награды, иначе при ношении наград в виде планок может возникнуть путаница и введение сторонних лиц в заблуждение.

Частью 1 статьи 17.11 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях установлена ответственность за ношение орденских лент или лент медалей на планках лицом, не имеющим на то права. Здесь мы видим явный пробел в действующем законодательстве. Очевидно, что данную статью необходимо дополнить упоминанием орденских лент в виде розеток. На данный момент подобной правовой защитой не обладают планки и розетки ведомственных наград (например, медаль МЧС России "За отвагу на пожаре"), наказание за их незаконное ношение отсутствует в действующем законодательстве.

От незаконного изготовления государственных наград необходимо отличать изготовление с нарушением их описания, к примеру, несоответствие наградных лент или розеток. Здесь речь идет не о правонарушении, а о некачественном исполнении договора, что должно разрешаться в рамках гражданского права. При этом незаконными, вероятно, следует считать государственные награды, изготовленные единственными исполнителями государственных заказов вопреки условиям государственного заказа, например, с превышением запрашиваемого тиража.

При изготовлении наградных лент, планок и розеток государственных и иных наград следует соблюдать геральдические и исторические традиции государственных наградных систем Российской Федерации, СССР и Российской империи. Это касается выбора цветов наградных лент, их сочетания и расположения, формы планок и розеток. Сложность состоит здесь в том, что единого свода таких норм не существует и

необходимо обращаться за консультацией к немногочисленным специалистам.

С учетом того, что государственные награды изготавливаются из драгоценных металлов, а некоторые содержат также драгоценные камни, повседневное ношение лент на планках или в виде розеток является одним из способов защиты наград и награжденных ими лиц от утери или кражи. Кроме того, ношение планок и розеток является лучшим выходом, когда человек удостоен большого количества наград.

Награды, являясь нефинансовым стимулом, позволяют решать глобальные задачи при наименьших расходах, что особенно важно в период экономических и иных кризисов в стране. Вместе с тем, изготовление наград, особенно в современных условиях, когда наряду с государственными наградами появилось большое количество иных

форм поощрения – ведомственные, региональные, муниципальные, общественные награды, является самостоятельной сферой экономической деятельности, в которую год от года включаются все новые и новые участники. Свою нишу здесь занимают и предприятия текстильной промышленности, обеспечивающие самостоятельно или как субподрядчики поставки наградных лент, планок и розеток. При осуществлении соответствующей экономической деятельности важно учитывать те правовые, геральдические и исторические правила, обзор которых был дан в настоящей статье.

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВлГУ имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 26.02.21.

УДК 677:347.73

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_26

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

MODELING OF BUSINESS PROCESSES IN THE RURAL AREAS TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

М.С.ОБОРИН

M.S. OBORIN

(Пермский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермский государственный аграрно-технологический университет им. ак. Д.Н. Прянишникова)

(Perm Institute (branch) of the Plekhanov Russian University of Economics, Perm State National Research University, Pryanishnikov Perm State Agrarian and Technological University)

E-mail: matvey_uk@rambler.ru

В работе рассмотрены роль, значение, этапы моделирования бизнес-процессов на предприятиях текстильной промышленности сельских территорий. Представлены ограничения целеполагания логистической функции, которые могут быть решены на основе формализации бизнес-процессов. Представлена модель бизнес-процессов с учетом выявленных проблем текстильного производства. Сделано заключение о положительных результатах от внедрения автоматизации логистической деятельности на текстильных предприятиях.

The paper considers the role, significance, and stages of modeling business processes at the textile industry enterprises in rural areas. The limitations of the goal setting of the logistics function being solved on the basis of the formalization of business processes, are presented. A model of business processes with the account of the identified textile production problems is also presented. In conclusion the positive results from the introduction of automation of logistics activities at textile enterprises are stated.

Ключевые слова: оптимизация, бизнес-процессы, логистика, проблемы логистической деятельности, текстильное предприятие, моделирование бизнес-процессов.

Keywords: optimization, business processes, logistics, problems of logistics activities, textile enterprise, business process modeling.

В экономическом развитии государства важную роль играет организация производства на сельских территориях, которые испытывают определенные сложности и ограничения социально-экономического развития. Бизнес-процессы современных текстильных предприятий имеют существенное значение для развития корпоративной архитектуры [3]. Весь производственный цикл предприятия включает комплекс систематически модернизируемых и улучшаемых процессов с целью повышения деятельности. В первую очередь трансформации подлежат такие бизнес-процессы, как организационная структура функций управления, процесс перераспределения средств, информационная платформа, система безопасности и так далее. Рационально сформированная институциональ-

ная основа с использованием бизнес-процессов способствует реализации стратегии развития, повышению эффективности и производительности текущей деятельности текстильного предприятия за счет снижения рисков [6].

В настоящее время оптимизация логистики имеет существенное значение, поскольку способствует повышению эффективности работы транспортных систем по перевозке текстильной продукции сельских территорий за счет планирования. В табл. 1 (цели и проблемы транспортно-логистического снабжения текстильной промышленности в сельской местности) рассмотрены актуальные задачи и проблемы транспортно-логистического снабжения текстильной промышленности в сельской местности.

Т а б л и ц а 1

Проблема	Характер	Методы
Отсутствие современных технологий	Приводит к проблемам с идентификацией товара, беспорядку на складских помещениях и несвоевременной доставке товара	1. Анализ кадровой политики и подготовка профессиональных кадров в сфере логистики 2. Модернизация логистических процессов (поиск, маркировка, транспортировка продукции) 3. Логистика, основанная на информационных и цифровых технологиях
Проблемы руководящего звена	Низкий уровень представления управляющими роли логистики в структуре предприятия	
Нерациональное развитие системы распределения товаров	Отсутствие единой стратегии развития функциональных обязанностей, нехватка централизованных оптовых рынков	

П р и м е ч а н и е. Составлено по данным [2], [4], [5], [9].

Бизнес-процессам, определяющим развитие отрасли текстильной промышленно-

сти, свойственны специфические особенности, а именно: высокая сырьевая нагрузка

текстильных изделий и высокий уровень производственных фондов.

Сегодня производственные процессы стали наиболее совершенными, практически все крупные текстильные предприятия внедрили в производство современное оборудование. В ходе внедрения нового современного оборудования расширяются процессы освоения технологическими разработками, изменяется длительность производственного цикла, сроки реализации бизнес-процесса. Следует отметить, что российские текстильные предприятия отличаются неслаженной производственной системой, слаборазвитой технологией производства текстиля, устаревшим оборудованием. Согласно сведениям Минпромторга более половины текстильного оборудования эксплуатируется около 15 лет, 40% – почти 15 лет и всего лишь 10% около 10 лет. Оптимальный срок эксплуатации основных активов оборудования, составляющих до 70%, считается нормой до 10 лет [1].

Существенное значение имеют процессы энергоснабжения в текстильной промышленности. Обеспечение производства энергией взаимосвязано с комплексом процессов управления, направленных на энергосбережение, поскольку затраты на энергоресурсы в последние несколько лет очень подорожали. Ввиду этих обстоятельств бизнес-процессы по энергоснабжению компаний имеют особое значение на энергетическом рынке. Трудоемкость текстильной промышленности в настоящее время по-прежнему остается очень высокой, что делает значимыми процессы управления персоналом особенно важными [7].

Российская текстильная продукция в сравнении с аналогичными иностранными товарами обладает низким качеством и высокой стоимостью, чем вызван низкий уровень конкурентоспособности и недостаточно развитые процессы распределения текстильных предприятий. Российская текстильная продукция, как правило, востребована только на внутреннем рынке продаж [8], [10].

На рис. 1 представлена модель бизнес-процессов предприятия текстильной промышленности.



Рис. 1

Для модернизации управления бизнес-процессами текстильных предприятий разработана система прогнозирования и диагностики, которая помогает оценить состояние бизнес-процессов, а также определить уязвимости процесса контроля, предвидеть направления оптимизации бизнес-процессов следующего производственного цикла и выработать рекомендации по повышению эффективности производства.

ВЫВОДЫ

Модель бизнес-процессов основана на совокупности количественных и качественных показателей, по которым легко определить характеристики бизнес-процессов предприятия, в стоимостном, качественном, временном и системном выражении. Данные характеристики обуславливают параметры эффективности, производительности, управления и развития предприятия. Насчитывается огромное количество показателей, которые формируют многогранную структуру бизнес-процессов предприятия, с помощью которой появляется возможность прогнозировать текущие и будущие стадии процессов производства. Каждый показатель определяет уровень эффективности того или иного процесса или подразделения. К примеру, показатели эффективности производства – это процесс управления в стадии закупки сырьевого материала, производства продукции и его реализации. Показатели организации про-

цесса управления отражают компетенции управляющего предприятием и деятельности отдельных отделов. Показатели применения ресурсов демонстрируют, насколько эффективно используется ресурсный потенциал предприятия. Таким образом, представленная параметрическая модель диагностики и прогнозирования бизнес-процессов предприятия включает показатели развития всего процесса управления производством.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бусыгина Н.А. К вопросу использования имитационного моделирования при проектировании процессов производства швейных изделий // *Мат. докл. Междунар. научн.-техн. конф.: Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности.* – Витебск, 2015.
2. Греченко А.А. Сущность цифровой экономики, генезис понятия "цифровая экономика" и предпосылки ее формирования в России // *Наука и практика Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова.* – 2018, №3. С. 23...37.
3. Дурнова В.В. Оптимизация бизнес-процессов промышленного предприятия // *Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности.* – 2019. С. 19...22.
4. Жирных Е.О., Ахмадуллин Р.И. Применение современных методов и средств для оптимизации бизнес-процессов предприятий // *Современные научные исследования и инновации.* – 2017, №1. С.96...103.
5. Иванов Д.В. Оптимизация бизнес-процессов на предприятии // *Современные информационные технологии.* – 2019. С. 91...96.
6. Пиксайкина О.В., Ходенева Е.А. Экономико-математическая модель оптимизации управления бизнес-процессами производственного предприятия // *Вестник Гуманитарного университета.* – 2017, №1. С. 14...19.
7. Соколов А.А. Методики оптимизации основных бизнес-процессов предприятия при проведении реинжиниринга // *Приоритетные направления развития науки в современном мире.* – 2019. С.167...171.
8. Титова М.Н. Менеджмент динамических конфигураций в индустрии моды // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки.* –2018, № 4. С.18...21.
9. Федорова Е.А., Довженко С.Е. Разработка методики оценки финансовой устойчивости организаций отрасли обрабатывающей промышленности // *Финансы и кредит.* – 2015, № 25 (649). С. 2...10.

10. Яхонтова И.М. Методика и инструментарий моделирования, анализа и совершенствования бизнес-процессов предприятия. – Краснодар: КубГАУ, 2018.

REFERENCES

1. Busygina N.A. K voprosu ispol'zovaniya imitatsionnogo modelirovaniya pri proektirovanii protsessov proizvodstva shveynykh izdeliy // *Mat. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekh. konf.: Novoe v tekhnike i tekhnologii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti.* – Vitebsk, 2015.
2. Gretchenko A.A. Sushchnost' tsifrovoy ekonomiki, genezis ponyatiya "tsifrovaya ekonomika" i predposylki ee formirovaniya v Rossii // *Nauka i praktika Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova.* – 2018, №3. S. 23...37.
3. Durnova V.V. Optimizatsiya biznes-protsessov promyshlennogo predpriyatiya // *Sovremennye informatsionnye tekhnologii v obrazovanii, nauke i promyshlennosti.* – 2019. S. 19...22.
4. Zhirnykh E.O., Akhmadullin R.I. Primenenie sovremennykh metodov i sredstv dlya optimizatsii biznes-protsessov predpriyatiy // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii.* – 2017, №1. S. 96...103.
5. Ivanov D.V. Optimizatsiya biznes-protsessov na predpriyatii // *Sovremennye informatsionnye tekhnologii.* – 2019. S. 91...96.
6. Piksaykina O.V., Khodeneva E.A. Ekonomiko-matematicheskaya model' optimizatsii upravleniya biznes-protsessami proizvodstvennogo predpriyatiya // *Vestnik Gumanitarnogo universiteta.* – 2017, №1. S.14...19.
7. Sokolov A.A. Metodiki optimizatsii osnovnykh biznes-protsessov predpriyatiya pri provedenii reinzhiniringa // *Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki v sovremennom mire.* – 2019. S. 167...171.
8. Titova M.N. Menedzhment dinamicheskikh konfiguratsiy v industrii mody // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 3: Ekonomicheskie, gumanitarnye i obshchestvennye nauki.* –2018, № 4. S. 18...21.
9. Fedorova E.A., Dovzhenko S.E. Razrabotka metodiki otsenki finansovoy ustoychivosti organizatsiy otrasli obrabatyvayushchey promyshlennosti // *Finansy i kredit.* – 2015, № 25 (649). S. 2...10.
10. Yakhontova I.M. Metodika i instrumentariy modelirovaniya, analiza i sovershenstvovaniya biznes-protsessov predpriyatiya. – Krasnodar: KubGAU, 2018.

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВлГУ имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 20.05.21.

УДК 620:004.932

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_30

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗОРА
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ
НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**USE OF THERMAL IMAGER
FOR CONTROL THERMAL INSULATION PROPERTIES OF NONWOVENS**

Е.В. ГРИБОВА, Ю.С. ШУСТОВ, В.В. ИВАНОВ

E.V. GRIBOVA, UY.S. SHUSTOV, V.V. IVANOV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Завод нетканых материалов "Термопол-Москва")

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Nonwovens Factory "Thermopol-Moscow")

E-mail: ev_gribova@mail.ru; i-vlad@inbox.ru

Рассмотрена возможность использования обработки инфракрасных изображений для оперативного контроля теплоизоляционных свойств нетканых материалов. Разработан переносной лабораторный комплекс для проведения исследований и предложен алгоритм обработки изображений.

The possibility of using infrared image processing for operational control of thermal insulation properties of nonwovens is considered. A portable laboratory complex for conducting research has been developed and an image processing algorithm has been proposed.

Ключевые слова: теплоизоляционные свойства, нетканые материалы, инфракрасные изображения.

Keywords: thermal insulation properties, non-woven materials, infrared images.

Традиционные лабораторные методы испытаний показателей качества продукции требуют больших затрат и времени, в связи с этим актуальной является проблема по разработке экспресс-методов контроля.

Ранее в работах [1...3] говорилось об опыте применения специально разработан-

ного аппаратно-программного комплекса (АПК) при экспресс-анализе нетканых полотен и алгоритмах обработки растровых изображений текстильных материалов. Важность анализа показателей качества текстильных материалов в процессе производства и необходимость обрабатывать

огромные массивы информации, в том числе растровые изображения, отмечается в работах [4], [5].

Наиболее важными параметрами, характеризующими качество нетканых материалов, являются их теплозащитные свойства. В работе исследовалась возможность использования теплового контроля, основанного на регистрации температурных полей объекта контроля. При тепловом контроле анализируется тепловое изображение объекта контроля, создаваемое за счет теплового излучения с его поверхности, а именно анализировалась способность материала пропускать через себя инфракрасное излучение. Самым рациональным способом при решении подобных задач является инфракрасная термография.

Для проведения исследований была разработана специальная мобильная лабораторная установка, позволяющая проводить экспресс-анализ теплоизоляционных свойств материалов (рис. 1 – схема лабораторной установки для изучения теплоизоляционных свойств материалов).

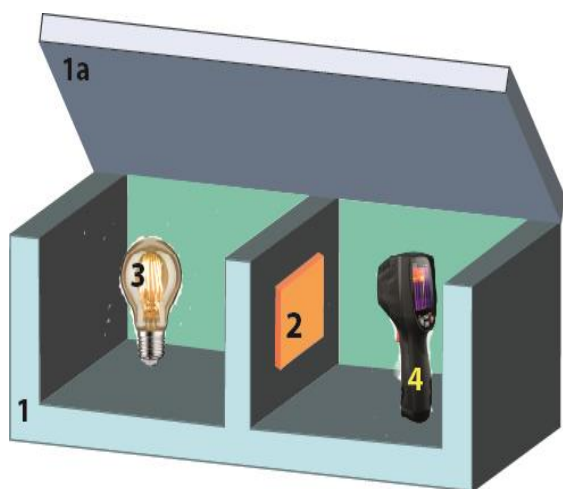


Рис. 1

Корпус установки 1 выполнен из материала с низкой теплопроводностью. Для исключения воздействия внешней среды при проведении испытаний установка закрывается крышкой.

Установка разделена на две части перегородкой. В перегородке вырезано специальное окно, в которое помещается испытуемый образец (на рис. 1 обозначен индексом 2).

Для получения теплового потока, который будет проходить через образец, используется инфракрасная лампа 3. Постоянство температуры в первой камере поддерживается с помощью терморегулятора.

Тепловой поток проходит через испытуемый образец. После чего фиксируется специальным устройством 4. В ходе работы были исследованы различные варианты приемника для захвата инфракрасного изображения. Наиболее приемлемый результат дало применение тепловизора. Использование тепловизора обусловлено несколькими важными аспектами: высокая термочувствительность прибора, точные значения температур, высокая скорость получения результатов эксперимента и их обработка, большой температурный диапазон.

В лабораторной установке использовался тепловизор Testo 882. Прибор позволяет просматривать изображение объекта в нескольких цветовых палитрах, способен осуществлять измерения в нескольких температурных диапазонах и обладает большим спектром ручных настроек. Тепловая матрица с разрешением 320x240 пикселей обеспечивает четкие и детальные снимки, позволяющие автоматизировать в дальнейшем процесс их обработки.

В работе исследовались характеристики наиболее популярной группы материала Холлофайбер® – СОФТ, выработанных на предприятии "Термопол-Москва". Это эластичные полотна с поверхностной плотностью до 300 г/м². Обеспечивают уникальные теплосберегающие свойства, воздухопроницаемость, терморегуляцию.

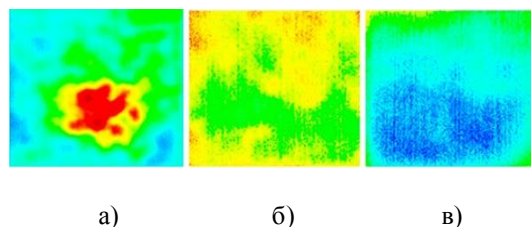


Рис. 2

В качестве цветовой модели была выбрана модель RGB. В этом формате присутствуют три цвета: красный, зеленый и синий. Представляет интерес поведение всех

трех составляющих при увеличении линейной плотности, и возможность использования этих величин в качестве искомого оценочного коэффициента. Наиболее типичные инфракрасные изображения некоторых образцов (100 г/м², 200 г/м², 250 г/м²) представлены на рис. 2 (а,б,в – инфракрасные изображения нетканых полотен).

Усредненной характеристикой изображения считали яркость изображения, как среднее значение цвета всех пикселей конкретного изображения:

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (R_p + G_p + B_p), \quad (1)$$

где N – количество пикселей изображения; p – порядковый номер пикселя.

Конечный коэффициент пропорционален цвету всего изображения. Усредненные значения по цвету изображения выбранных образцов представлены на рис. 3 (усредненные по цвету изображения нетканых полотен).

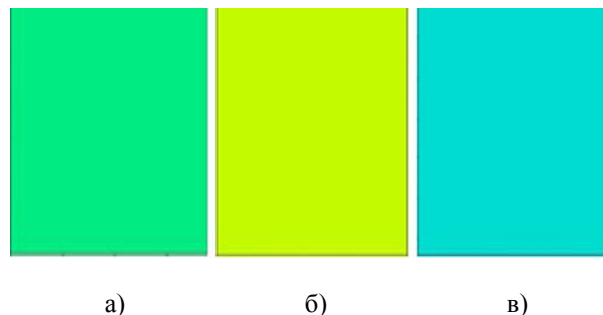


Рис. 3

В соответствии с рекомендациями стандарта Федеральной комиссии связи (FCC) яркость изображения рекомендуется вычислять по формуле:

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (0,299R_p + 0,587G_p + 0,114B_p). \quad (2)$$

Этот показатель также был вычислен для всех полученных инфракрасных изображений.

Таблица 1

№ п/п	Артикул	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм	Суммарное тепловое сопротивление, °С×м ² /Вт	R – красная составляющая изображения	G – зеленая составляющая изображения	B – синяя составляющая изображения	Средняя яркость (цвет) изображения	Яркость изображения по FCC
1	СОФТ Р 5190	70	7	0,320	29	208	206	148	154
2	СОФТ Р 5191	100	10	0,349	64	234	134	144	172
3	СОФТ Р 5197	150	15	0,495	237	226	1	154	204
4	СОФТ Р 5198	200	20	0,688	211	249	6	155	210
5	СОФТ Р 5199	250	25	0,720	13	219	208	147	156

Физико-механические свойства исследуемых образцов представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, некоторые полученные расчетные величины практически полностью коррелируют со стандартными показателями теплоизоляционных свойств исследуемых образцов нетканых полотен. Это и R – красная составляющая цветовой модели, и яркость изображения (средний цвет). Но наиболее адекватно изменениям суммарного теплового сопротивления соответствуют изменения яркости, рассчитанной в соответствии с рекомендациями стандарта FCC. Это хорошо видно на графике (рис. 4 зависимость суммарного теплового сопротивления и яркости изображения от линейной плотности полотна), где по оси абсцисс откладывается поверхностная

плотность исследуемого образца, а по оси ординат суммарное тепловое сопротивление.

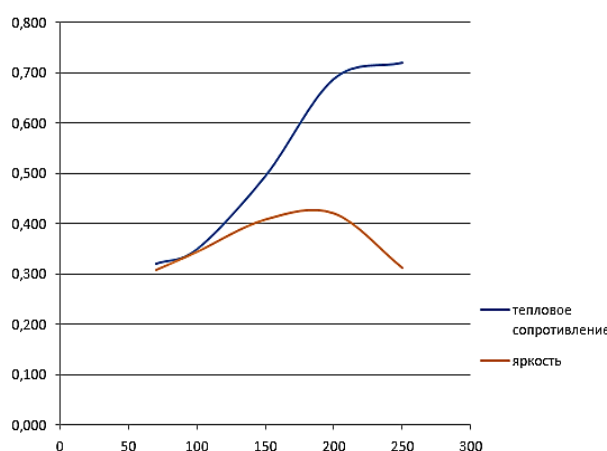


Рис. 4

Снижение показателя яркости образца 250 г/м² обусловлено тем, что съемка осуществлялась через 10 секунд после помещения образца в окно лабораторной установки, однако такого времени прогрева недостаточно для столь высокой плотности.

Предложено разбить исследуемые образцы на группы. Первая группа – масса от 70 до 200 г/м², вторая группа – от 250 г/м² и выше. Для второй группы время прогрева образцов необходимо увеличить. Единственное условие при проведении экспериментов – все внешние параметры не должны меняться для образцов одной группы, иначе сравнение показателей будет невозможным.

Полученное значение яркости конкретного изображения можно взять за аналог суммарного теплового сопротивления этого образца нетканого полотна, поскольку оба показателя меняются пропорционально линейной плотности. С повышением линейной плотности тепловое сопротивление увеличивается, инфракрасное излучение проходит через образец хуже, и выбранный показатель тоже увеличивается.

Практически в результате обработки инфракрасных изображений получаем некий показатель, которым можем заменить значения традиционных теплоизоляционных характеристик образцов. Удобство работы с предлагаемым в работе показателем заключается в том, что он практически безразмерен и его моментально можно адаптировать к любым производственным условиям и любому ассортименту предприятия.

В Ы В О Д Ы

1. Разработан аппаратно-программный комплекс для оперативного контроля теплоизоляционных свойств текстильных материалов.

2. Предложен алгоритм обработки инфракрасных изображений.

3. Приведены сравнительные характеристики суммарного теплового сопротивления и средней яркости (цвета) изображения нетканых материалов различной линейной плотности.

1. *Иванов В.В.* Невозможное – возможно (примеры инновационного применения нетканых материалов) // Второй Междунар. научн.-практ. симпозиум: Наука – текстильному производству: новейшие отраслевые научные разработки в сфере технического текстиля и практический опыт их применения. – М., 2017. С. 27...28.

2. *Иванов В.В., Мезенцева Е.В.* 2020: нетканые материалы – прогнозы для легпрома // Вестник Текстильлегпром. – 2020. С. 68...73.

3. *Новиков А.Н., Боначев А.Н., Махов С.А., Борзунов Г.И., Фирсов А.В.* Вопросы контроля качества нетканых полотен в процессе производства // Швейная промышленность. – 2007, №6. С.42...44.

4. *Новиков А.Н., Фирсов А.В., Фокин Ю.М.* Оперативный контроль качества на ватной фабрике // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.160...162.

5. *Новиков А.Н., Фирсов А.В., Шустов Ю.С., Колесникова С.В.* Разработка информационной системы оценивания влияния искусственного света на цветовосприятие тканей // Дизайн и технологии. – 2013, №35(77). С.55...59.

6. *Новиков А.Н., Фирсов А.В., Фирсов Д.А.* Система машинного зрения в текстильной промышленности // Сб. тез. докл. Междунар. конф.: Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности. – М.: РОСЗИТЛП, 2009. С. 31...32.

7. *Новиков А.Н., Фирсов А.В., Беляев В.А., Дубровская Е.Н.* Контроль плотности нетканого полотна в процессе производства // Сб. тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф. аспирантов и студентов: Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск – 2007). – Иваново: ИГТА, 2007. С. 189...190.

8. *L. Li, X. Huang.* Fabric Defect Detection Using Adaptive Wavelet Transform // Journal of Dong Hua University. – Vol.19, 2002. P. 35...39.

9. *Benosman Ryad, Sing Bing Kang, ed.* Panoramic vision: Sensors, theory, a. Applications // New York [etc.] Springer Cop. – 2001. XXIV, P.449.

10. *Быков Р.Е.* Основы телевидения и видеотехники. – М.:Горячая линия – телеком, 2006.

REFERENCES

1. *Ivanov V.V.* Nevozmozhnoe – vozmozhno (primery innovatsionnogo primeneniya netkanykh materialov) // Vtoroy Mezhdunar. nauchn.-prakt. simposium: Nauka – tekstil'nomu proizvodstvu: noveyshie otraslevye nauchnye razrabotki v sfere tekhnicheskogo tekstilya i prakticheskiy opyt ikh primeneniya. – M., 2017. S. 27...28.

2. *Ivanov V.V., Mezentseva E.V.* 2020: netkanye materialy – prognozy dlya legproma // Vestnik Tekstil'legprom. – 2020. S. 68...73.

3. *Novikov A.N., Bonachev A.N., Makhov S.A., Borzunov G.I., Firsov A.V.* Voprosy kontrolya

kachestva netkanykh poloten v protsesse proizvodstva // Shveytnaya promyshlennost'. – 2007, №6. S.42...44.

4. Novikov A.N., Firsov A.V., Fokin Yu.M. Operativnyy kontrol' kachestva na vatnoy fabrike // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, №6. S.160...162.

5. Novikov A.N., Firsov A.V., Shustov Yu.S., Kolesnikova S.V. Razrabotka informatsionnoy sistemy otsenivaniya vliyaniya iskusstvennogo sveta na tsvetovospriyatie tkaney // Dizayn i tekhnologii. – 2013, №35(77). S.55...59.

6. Novikov A.N., Firsov A.V., Firsov D.A. Sistema mashinnogo zreniya v tekstil'noy promyshlennosti // Sb. tez. dokl. Mezhdunar. konf.: Sovremennye informatsionnye tekhnologii v obrazovanii, nauke i promyshlennosti. – M.: ROSZITLP, 2009. S. 31...32.

7. Novikov A.N., Firsov A.V., Belyaev V.A., Dubrovskaya E.N. Kontrol' plotnosti netkanogo polotna v

protsesse proizvodstva // Sb. tez. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. aspirantov i studentov: Molodye uchenye – razvitiyu tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (Poisk – 2007). – Ivanovo: IGTA, 2007. S.189...190.

8. L. Li, X. Huang. Fabric Defect Detection Using Adaptive Wavelet Transform // Journal of Dong Hua University. – Vol.19, 2002. P. 35...39.

9. Benosman Ryad, Sing Bing Kang, ed. Panoramic vision: Sensors, theory, a. Applications // New York [etc.] Springer Cop. – 2001. XXIV, R.449.

10. Bykov R.E. Osnovy televideniya i videotekhniki. – M.:Goryachaya liniya – telekom, 2006.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 27.09.21.

УДК 667.01

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_34

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ДЕТСКОГО БЕЛЬЯ ПОСЛЕ СТИРОК

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF KNITTED FABRICS FOR CHILDREN'S UNDERWEAR AFTER WASHINGS

A.V. KURDENKOVA, YA.I. BULANOV, M.M. BONDARCHUK, E.V. GRYAZNOVA

A.V. KURDENKOVA, YA.I. BULANOV, M.M. BONDARCHUK, E.V. GRYAZNOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: kurdenkova-av@rguk.ru

В работе проведено исследование влияния стирок на качество трикотажных полотен для детского белья. Были определены физико-механические свойства, и по результатам эксперимента рассчитана комплексная оценка, которая позволяет выявить наилучший образец по совокупности показателей. Для расчета комплексной оценки был использован графический метод, основанный на сравнении площадей фигур, образованных значениями безразмерных показателей качества.

The paper investigates the influence of washing on the quality of knitted fabrics for children's underwear. The physical and mechanical properties were determined and, based on the results of the experiment, a comprehensive assessment was calculated, which makes it possible to identify the best sample in terms of a set of indicators. To calculate a comprehensive assessment, a graphical method was used based on a comparison of the areas of figures formed by the values of dimensionless quality indicators.

Ключевые слова: физико-механические свойства, трикотажные полотна, комплексная оценка качества, многократные стирки.

Keywords: physical and mechanical properties, knitted fabrics, comprehensive quality assessment, multiple washings.

Мировой рынок детских товаров является стабильно развивающимся сегментом мировой экономической жизни. Потребление детской продукции в мировом масштабе показывает стабильный рост, что напрямую отражается на объемах производства и продаж детских товаров.

Качество и безопасность товара всегда являлось приоритетным направлением для добросовестного производителя, который дорожит своей репутацией или только начинает ее зарабатывать. В то же время такое понятие, как "качество" является довольно относительным, так как определять удовлетворенность от изделия по его ключевым характеристикам – задача потребителя, и уже он будет ключевым звеном в данной цепочке.

Безопасность изделия – это, безусловно, более категоричное понятие и отсылает к важным для человека критериям оценки, таких как здоровье и жизнь. Данные понятия довольно часто упоминаются вместе, но абсолютно различны по смыслу и своему назначению в рамках производства и эксплуатации изделия.

Детская одежда как раз будет включать в себя все ключевые признаки, по которым ее можно отнести к изделиям, полностью соответствующим качественной и безопасной продукции [1...4].

Детский организм очень чувствителен к различного рода внешним факторам, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье ребенка в процессе взросления.

Детская одежда является практически первым материалом в жизни ребенка, с которым его организм непосредственно начинает контактировать с момента рождения и далее на всех этапах взросления. Безусловно, данный фактор может ключевым образом оказать влияние на здоровье и нести остаточные негативные последствия, поэтому к материалам, из которых изготавливают детскую одежду, всегда будут предъявляться повышенные требования.

В качестве объектов исследования были выбраны хлопчатобумажные трикотажные полотна, выработанные переплетением кулирная гладь [5...10].

Страна-производитель – Турция. Данные полотна предназначены для изготовления детских боди.

Требования ТР ТС 007/2011 "О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков" распространяются только на готовые изделия.

Общие требования к трикотажным полотнам, независимо от назначения, приведены в ГОСТ 28554 "Полотно трикотажное. Общие технические условия".

Определение размерных и структурных характеристик хлопчатобумажных трикотажных полотен проводилось в соответствии с ГОСТ 8845. Определение плотности на 10 см – по ГОСТ 8846 [1...5].

Структурные характеристики исследуемых трикотажных полотен приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Толщина полотна b , мм	0,32	0,38	0,36	0,34
Линейная плотность нити T , текс	26	29	28	27
Поверхностная плотность $\rho_{сф}$, г/м ²	245	265	260	254
Плотность по горизонтали P_g , число столбиков / 10 см	94	90	92	94
Плотность по вертикали P_v , число петель / 10 см	108	104	106	106

При процессе хранения, влажно-тепловой обработке, стирках текстильных материалов происходит изменение их линейных размеров [1...4].

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 30157.0 и ГОСТ 30157.1.

Результаты определения изменения толщины и линейных размеров приведены в табл. 2 и 3.

Нормы изменения линейных размеров после мокрых обработок приведены в ГОСТ 26289 для полотен, используемых для изготовления бельевых изделий.

Т а б л и ц а 2

Количество стирок	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
0	0,32	0,38	0,36	0,34
1	0,35	0,41	0,39	0,37
5	0,36	0,43	0,43	0,38
10	0,38	0,45	0,44	0,41

Т а б л и ц а 3

Количество стирок	Образец 1		Образец 2		Образец 3		Образец 4	
	Вдоль петельных столбиков	Вдоль петельных рядов	Вдоль петельных столбиков	Вдоль петельных рядов	Вдоль петельных столбиков	Вдоль петельных рядов	Вдоль петельных столбиков	Вдоль петельных рядов
1	-2,6	-6,1	-1,6	-4,8	-4,3	-5,5	-6,0	-4,4
5	-7,5	-9,4	-6,1	-7,8	-7,5	-8,3	-8,1	-8,6
10	-9,4	-10,6	-8,4	-9,6	-8,9	-9,1	-9,3	-9,7

После стирки полотен произошло увеличение толщины. Это связано с воздействием температуры и влаги на волокна хлопка.

После стирки произошла усадка вдоль и поперек полотна. Это связано с набуханием волокон хлопка. Размеры поперек полотна изменились более значительно, чем вдоль.

Изменение линейных размеров полотна после мокрой обработки соответствует требованиям ГОСТ 26289 после 1 и 5 стирок. После 10 стирок вдоль полотна показатель

превышает нормативное значение, а поперек полотна несоответствие наблюдается только у образца 1.

Для детской одежды важно, как материал поглощает воду, так как в процессе эксплуатации ребенок может пролить жидкость на одежду.

Водопоглощение исследуемых материалов определялось в соответствии с ГОСТ 3816.

Результаты определения водопоглощения приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Количество стирок	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
0	76,0	89,0	83,0	81,0
1	80,0	92,0	85,0	84,0
5	83,0	94,0	89,0	90,0
10	85,0	97,0	91,0	93,0

Все полотна имеют высокие значения водопоглощения. Наибольшее значение данный показатель имеет у образца 2. Данное полотно отличается наибольшей толщиной и поверхностной плотностью.

После стирок водопоглощение увеличивается, так как нити разволокняются и лучше впитывают воду.

В ГОСТ 28554 нормы водопоглощения трикотажных полотен отсутствуют.

Воздухопроницаемость материалов оказывает влияние на комфортность в эксплуатации готового изделия [1...4].

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 12088 на приборе ВПТМ-2 при перепаде давлений $\Delta P=50$ Па.

Результаты определения воздухопроницаемости трикотажных полотен после многократных стирок приведены в табл. 5.

Таблица 5

Количество стирок	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
0	168	226	220	216
1	159	218	214	208
5	155	206	201	192
10	148	197	193	184

В процессе стирок происходит увеличение толщины материалов, а следовательно, уменьшение их пористости, что приводит к снижению воздухопроницаемости при 10 стирках. Наибольшей воздухопроницаемостью обладает полотно 2, имеющее наибольшую пористость.

В ГОСТ 28554 нормы воздухопроницаемости трикотажных полотен отсутствуют.

Одними из наиболее важных свойств трикотажных полотен являются механические

свойства, к которым относится разрывная нагрузка [1...4].

Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 8847. Разрывные характеристики исследуемых трикотажных полотен определялись на универсальном испытательном комплексе Инстрон, модель 4411, при скорости движения верхнего зажима 200 мм/мин и расстоянием между зажимами, равным 100 мм.

Результаты определения разрывной нагрузки приведены в табл. 6.

Таблица 6

Количество стирок	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Вдоль петельных столбиков				
0	278,3	389,4	353,4	345,9
1	273,1	382,6	321,3	318,5
5	256,7	358,7	299,9	283,5
10	248,1	278,3	267,9	274,6
Вдоль петельных рядов				
0	127,2	165	152,4	142,6
1	123,6	152,3	142,6	134,8
5	100,5	124,4	118,4	108,6
10	91,3	113,7	108,2	102,4

После стирок происходит снижение разрывной нагрузки, так как после механических воздействий нити в полотне становятся менее прочными.

Наибольшую прочность имеет образец 2, выработанный из нитей с наибольшей линейной плотностью.

В соответствии с ГОСТ 28554 норма разрывной нагрузки приведена только по петельным столбикам. Все образцы соответствуют нормативному значению.

Для трикотажных полотен одежного назначения важным показателем качества является стойкость к истиранию. Однако в процессе эксплуатации на износостойкость изделия оказывает влияние давление абразивного материала на полотно. Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 12739 на приборе ТИ-1М.

Результаты определения стойкости к истиранию приведены в табл. 7.

Таблица 7

Количество стирок	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
0	360	548	451	422
1	335	486	370	405
5	190	354	263	337
10	137	224	154	231

ВЫВОДЫ

По результатам проведенной комплексной оценки качества было установлено, что наилучшим является образец 4. Его можно рекомендовать для изготовления детских боди. Наихудшим является образец 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М., Давыдов А.Ф. и др. Текстильное материаловедение. – М.: Инфра-М, 2016.
2. Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Белкина С.Б. Техническая экспертиза продукции текстильных и легкой промышленности. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014.
3. Шустов Ю.С., Давыдов А.Ф. Экспертиза текстильных материалов. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2017.
4. Шустов Ю.С., Давыдов А.Ф., Плеханова С.В. Экспертиза текстильных полотен. – М.: МГУДТ, 2016.
5. Бондарчук М.М., Грязнова Е.В., Люкишинова И.В. Анализ ассортимента хлопчатобумажных и смесовых тканей и трикотажных изделий // Проблемы современной науки и образования. – 2015, № 12 (42). С. 74...79.
6. Akhmedov M.K., Kurdenkova A.V., Bulanov Y.I. Development of a theoretical model for the shear and compression of cotton fiber mass in the working chamber of a ginning machine // Fibre Chemistry. – 52(5), 2021. P. 377...382.
7. Pereborova N. V., Makarov A. G., Kiselev S. V., Egorov I. M. Computer prediction of functional and operational properties of polymer textile materials used for engineering purposes // Fibre Chemistry. – V. 52, 2020. P.251...252.
8. Baranova O. N., Zolina L. I., Mishakov V. Yu. Laser spark spectrometry study of the properties of cotton fabric modified with silver nanoparticles and the strength and duration of the antiseptic effect // Fibre Chemistry. – V. 51, 2019. P.64...67.
9. Ivanova V. N., Makhotina L. G., Berestovaya E. D. Prospects of using commercial cellulose types to make products with a high added value // Fibre Chemistry. – V.51, 2019. P.14...17.
10. Новиков А.Н., Фирсов А.В., Шустов Ю.С. Информационная система прогнозирования и визуализации старения текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С. 272...275.

REFERENCES

1. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M., Davydov A.F. i dr. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: Infra-M, 2016.
2. Davydov A.F., Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Belkina S.B. Tekhnicheskaya ekspertiza produktsii

По табл. 7 можно сделать вывод, что наибольшей стойкостью к истиранию обладает образец 2, который имеет наибольшую толщину. Наименьшую стойкость к истиранию имеет образец 1. Наибольшее падение стойкости к истиранию наблюдается у образца 2, а наименьшее – у образца 4.

В соответствии с ГОСТ 28554 нормы стойкости к истиранию приведены только для полотен для верхних изделий.

В процессе эксплуатации на начальной стадии изнашивания начинается процесс пиллингуемости. После 10 стирок на поверхности полотен пилли не образовались.

Пиллингуемость также определялась на приборе ТИ-1М. В процессе истирающих воздействий переходной стадии износа в виде образования пиллей не наблюдалось.

Для расчета комплексной оценки после 10 стирок показатели качества были переведены в безразмерные путем деления фактического значения на нормативное, за которое принималось значение без стирок. Данный метод не позволяет учесть показатель изменения линейных размеров после мокрой обработки в процентах, так как его значение без стирок равно 0. Однако его можно учесть в виде размера образца до и после стирок.

Результаты расчета представлены на рис. 1.

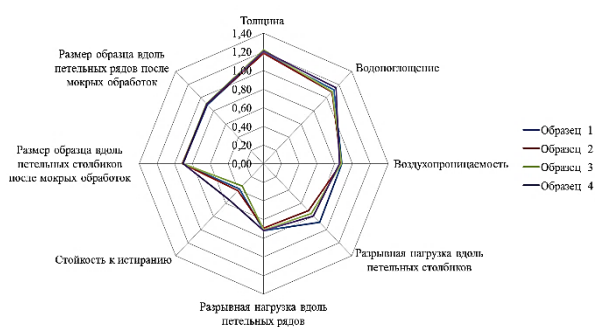


Рис. 1

Комплексная оценка представляет сравнение площадей фигур, образованных безразмерными показателями. Чем больше площадь фигуры, тем лучше качество образца. Следовательно, образец 4 является наилучшим.

tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – M.: Forum: NITs INFRA-M, 2014.

3. Shustov Yu.S., Davydov A.F. Ekspertiza tekstil'nykh materialov. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2017.

4. Shustov Yu.S., Davydov A.F., Plekhanova S.V. Ekspertiza tekstil'nykh poloten. – M.: MGUDT, 2016.

5. Bondarchuk M.M., Gryaznova E.V., Lyukshinova I.V. Analiz assortimenta khlopchatobumazhnykh i smesovykh tkaney i trikotazhnykh izdeliy // Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya. – 2015, № 12 (42). S. 74...79.

6. Akhmedov M.K., Kurdenkova A.V., Bulanov Y.I. Development of a theoretical model for the shear and compression of cotton fiber mass in the working chamber of a ginning machine // Fibre Chemistry. – 52(5), 2021. P. 377...382.

7. Pereborova N. V., Makarov A. G., Kiselev S. V., Egorov I. M. Computer prediction of functional and operational properties of polymer textile materials used for

engineering purposes // Fibre Chemistry. – V. 52, 2020. P.251...252.

8. Baranova O. N., Zolina L. I., Mishakov V. Yu. Laser spark spectrometry study of the properties of cotton fabric modified with silver nanoparticles and the strength and duration of the antiseptic effect // Fibre Chemistry. – V. 51, 2019. P.64...67.

9. Ivanova V. N., Makhotina L. G., Berestovaya E. D. Prospects of using commercial cellulose types to make products with a high added value // Fibre Chemistry. – V.51, 2019. P.14...17.

10. Novikov A.N., Firsov A.V., Shustov Yu.S. Informatsionnaya sistema prognozirovaniya i vizualizatsii stareniya tekstil'nykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 3. S. 272...275.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

УДК 620:004.932

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_39

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

DEVELOPMENT OF A LABORATORY COMPLEX FOR OPERATIONAL CONTROL OF THERMAL INSULATION PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS

Е.В. ГРИБОВА, А.Н. НОВИКОВ, А.В. ФИРСОВ, В.В. ИВАНОВ

E. V. GRIBOVA, A. N. NOVIKOV, A. V. FIRSOV, V. V. IVANOV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: ev_gribova@mail.ru

Цель работы – разработка переносного лабораторного комплекса для оперативного контроля теплоизоляционных свойств текстильных материалов. Принцип работы комплекса основан на использовании инфракрасной термографии. Исследовались различные источники инфракрасного излучения и приборы, позволяющие фиксировать инфракрасное изображение после прохождения теплового потока через исследуемые образцы. Для обработки изображений разработаны уникальные алгоритмы, работоспособность которых была подтверждена при исследовании различных вариантов утеплителей. В результате работы подобраны оптимальные сочетания "источник-приемник инфракрасного излучения" для решения различных производственных задач.

The purpose of the work is to develop a portable laboratory complex for the operational control of the thermal insulation properties of textile materials. The principle of complex operation is based on the use of infrared thermography. Various sources of infrared radiation and devices that allow recording an infrared image after heat flow passing through the examined samples were studied. The unique algorithms of image processing have been developed, the efficiency of which was confirmed during the study of various insulation options. As a result of the work, optimal combinations of "source-receiver of infrared radiation" were selected for solving various production tasks.

Ключевые слова: мобильная лабораторная установка, текстильные материалы, теплоизоляционные свойства.

Keywords: mobile laboratory installation, textile materials, thermal insulation properties.

Рынок текстильных материалов на сегодняшний день является одним из динамично развивающихся в секторе легкой промышленности. Особое внимание уделяется нетканым материалам, которые прочно вошли в нашу жизнь и с каждым годом расширяются сферы их применения. В связи с этим расширению ассортимента текстильных материалов уделяется все большее внимание. Требуется оперативная разработка и внедрение новых модификаций материалов с определенным набором параметров и характеристик. Для современных предприятий текстильной и легкой промышленности очень актуальной является задача качественного исследования теплофизических свойств материалов и пакетов одежды. Важно проводить исследования в кратчайшие сроки, в том числе и с помощью методов неразрушающего контроля.

Аналізу качества текстильных материалов уделяется большое внимание [1]. Существуют различные методы исследования теплофизических свойств и суммарного теплового сопротивления материалов, например [2...6]. В материаловедческой практике обычно используются экспериментальные методы. Однако из-за их многообразия единой классификации экспериментальных методов исследования материалов до сих пор не выработано. Выбор метода исследования на конкретном производственном предприятии зависит от многих параметров и условий проведения экс-

перимента. Многие устройства, используемые для реализации методов, очень громоздки, требуют длительного времени на подготовительные работы, неэкономичны, лишены автоматизированного аппарата обработки полученных данных.

Предлагаемая работа посвящена разработке мобильного лабораторного аппаратно-программного комплекса, позволяющего оперативно, на качественном уровне сравнивать теплоизоляционные свойства различных образцов исследуемых материалов. Комплекс может быть полезен на производственных предприятиях при решении различных задач материаловедения, например, при изменении технологических параметров производства.

Теплопроводность оценивается коэффициентом, который характеризует степень интенсивности прохождения тепла через массу вещества. Чем больше коэффициент теплопроводности, тем хуже теплоизоляционные свойства материала. Поэтому при проектировании лабораторной установки был выбран самый простой способ: исследуемый образец необходимо поместить между источником тепла и устройством, способным фиксировать тепловой поток. Принципиальная схема установки описана в работе [7].

Корпус лабораторной установки является двухкамерным. Камеры разделены перегородкой с вырезанным окном, в которое помещается исследуемый образец. В пер-

вой камере устанавливается источник излучения, во второй – приемник излучения. Таким образом они находятся на одной линии с образцом. Лабораторная установка не требует вращения либо перемещения исследуемого объекта для проведения исследований. Внешний вид лабораторной установки представлен на рис. 1 (изображение лабораторной установки для изучения теплоизоляционных свойств материалов). Имеется крышка, предотвращающая влияние внешней среды во время проведения исследований, и откидная передняя панель – для удобства замены и использования приемника излучения. Перед лабораторной установкой устанавливается штатив для возможного крепления измерительной аппаратуры.



Рис. 1

При изготовлении корпуса исследовались различные материалы. Основное требование – малый коэффициент теплопроводности и удобство работы с ними. Рассматривались несколько вариантов: популярная группа материала Холлофайбер® – ХАРД, толщиной 6 см, выработанная на предприятии "Термопол-Москва", строительный пенопласт и экструдированный пенополистирол Пеноплекс. Холлофайбер обладает уникальными теплозащитными свойствами, удобен в производстве, склеиваться может с помощью аэрозольного клея для волокнистых материалов. Однако при контакте с мощным источником тепла, например, инфракрасной лампой направленного действия, может плавиться. Пенопласт – один из самых дешевых утеплителей, легок в работе. Но листы пенопласта очень хрупкие, поэтому в данной работе не

использовались. Более всего в нашем случае подошел пенополистирол, довольно легкий, обладает замкнутой структурой ячеек и высокой механической прочностью. Коэффициент теплопроводности составляет около 0,03 Вт/(м·К).

Лабораторная установка позволяет использовать в качестве источника излучения любое устройство, дающее инфракрасное излучение. Исследовались несколько источников тепла и холода: инфракрасная лампа, нагревательный кабель для теплого пола, тепловой вентилятор, аккумулятор холода (хладозаэлемент), светодиодная лампа.

Наиболее качественные, удобные для дальнейшей обработки, результаты показало использование инфракрасной (ИК) лампы и кабеля для теплого пола. Выбор остановился на керамической ИК-лампе мощностью 150 Вт, как наиболее эффективной и долговечной. Корпус лампы выполнен из керамики, она лучше защищена от механических повреждений и практически не излучает в видимом спектре, максимально используя энергию именно на обогрев. Дает хороший направленный тепловой поток. Для подключения достаточно вернуть лампу в патрон соответствующего типоразмера [8]. Кабель для теплого пола был выбран марки Equation, предназначенный для обеспечения комфортной температуры поверхности. Мощность двухжильного кабеля – 150 Вт, он обеспечивает равномерный нагрев поверхности до 65...70°C. Использование хладозаэлементов не совсем удобно, но они тоже дали ожидаемые результаты при охлаждении поверхности исследуемого материала. Изображение первой камеры с источниками излучения представлен на рис. 2. Возможно, при необходимости, совместное использование лампы и теплого пола. Камера изнутри оклеена плотным из вспененного полиэтилена НПЭ, дублированного с одной стороны металлизированной фольгой. Также в камере установлена дополнительная термостойкая розетка и выносные датчики температуры и влажности для контроля необходимых параметров.



Рис. 2

В зависимости от желаний, возможностей и требований пользователя в лабораторной установке можно использовать в качестве устройства-приемника проходящего сквозь объект инфракрасного излучения любое электронное устройство захвата инфракрасного изображения. Были исследованы несколько вариантов разной ценовой категории и качества получения изображения: цифровой фотоаппарат с инфракрасным светофильтром, web-камера с инфракрасной подсветкой и съемкой, несколько вариантов тепловизора.

Для исследований был выбран фотоаппарат Panasonic DMC-FZ50 и инфракрасный светофильтр B+W F-Pro 092 Infrared 695 62 мм, который пропускает волны длиной больше, чем 695 нм. Исследовали возможность применения для решения поставленной задачи камеры Mi 360 Home Security Camera 2k., имеющей 8 источников инфракрасной подсветки с длиной волны 940 нм, обеспечивающие высокую четкость изображения. Тепловизоры были выбраны фирмы Testo – модели 868 и 882.

Все приборы позволяют получить достаточно качественные изображения исследуемых образцов для применения методов инфракрасной термографии. Однако наиболее приемлемые результаты, конечно, дает

использование тепловизора. В качестве основного приемника теплового потока был выбран тепловизор Testo 882 с разрешением тепловой матрицы 320x240 пикселей.

Использование в качестве источника светодиодную лампу мощностью 100 Вт, а в качестве приемника цифровой фотоаппарат, можно получать изображения исследуемых текстильных материалов на просвет. Такой метод контроля можно применять при анализе качества нетканых материалов. "Яркость" изображения будет зависеть от толщины полотна. И соответственно более темное изображение будет обладать лучшими теплоизоляционными свойствами. Подобный подход описан в работах [9], [10].

Для обработки получаемых инфракрасных изображений было разработано специальное программное обеспечение [11]. В результате обработки рассчитывается некий безразмерный показатель, который изменяется пропорционально коэффициенту теплопроводности исследуемых образцов.

ВЫВОДЫ

1. Разработан мобильный лабораторный аппаратно-программный комплекс для оперативного сравнительного анализа теплоизоляционных свойств текстильных материалов.

2. Были подобраны оптимальные сочетания "источник-приемник инфракрасного излучения" для решения различных производственных задач.

3. Лабораторная установка может использоваться как на производственных предприятиях, так и в учебном процессе, позволит понять основы исследования теплоизоляционных свойств текстильных материалов и научить пользователя находить оптимальные решения возникающих перед ним задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Li, X. Huang. Fabric Defect Detection Using Adaptive Wavelet Transform // Journal of Dong Hua University. – Vol.19, 2002. P. 35...39.
2. Советников Д.А., Мишаков В.Ю., Курсанова Е.А., Трецалин Ю.М. Исследование теплозащитных

свойств нетканых утеплителей в пакетах одежды // *Дизайн и технологии*. – 2016, № 56(98).

3. Соколова А.С., Кузнецов А.А., Надежная Н.Л. Метод оценки теплозащитных свойств материалов одежды и их пакетов // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2016, № 2 (31). С. 24...31.

4. Clulow. E.E., Rees W.H. The Transmission of Heat Through Textile Fabrics. Part 3: A New Thermal-Transmission Apparatus // *Journal of the Textile Institute*. – Vol. 59, № 6, 1968. P. 285...294.

5. Mishakov. V.Yu., Sovetnikov. D.A., Pavlov. M.A., Kirsanova. E.A. Theoretical method allowing calculating and analyze the effective coefficient of thermal conductivity, nonwoven heat-shielding materials// *Theoretical & Applied Science*. – №7, 2017. P.21...27.

6. Филиппов А.Д., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Буланов Я.И. Исследование суммарного теплового сопротивления утепляющих материалов для обуви // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2020, №1. С.134...136.

7. Грибова Е.В., Новиков А.Н., Волкова П.Д. Лабораторная установка по исследованию теплоизоляционных свойств текстильных материалов // *Сб. мат. Всерос. научн. конф. молодых исследователей с международным участием: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности. Часть 4*. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2021.

8. Лампа Эксперт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lampaexpert.ru/vidy-i-tipy-lamp/spetsializirovannye-lampy/infrakrasnaa-lampa> – Загл. с экрана. (Дата обращения: 10.09.2021).

9. Новиков А.Н., Боначев А.Н., Махов С.А., Борзунов Г.И., Фирсов А.В. Вопросы контроля качества нетканых полотен в процессе производства // *Швейная промышленность*. – 2007, №6. С.42...44.

10. Новиков А.Н., Фирсов А.В., Беляев В.А., Дубровская Е.Н. Контроль плотности нетканого полотна в процессе производства // *Сб. тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф. аспирантов и студентов: Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск-2007)*. – Иваново: ИГТА, 2007. С. 189...190.

11. Грибова Е.В., Фирсов А.В., Иванов В.В., Новиков А.Н. Экспресс-анализ теплоизоляционных свойств текстильных материалов. Свидетельство о гос. регистрации программ для ЭВМ №2021660192 от 23 июня 2021 г.

2. Sovetnikov D.A., Mishakov V.Yu., Kirsanova E.A., Treshchalin Yu.M. Issledovanie teplozashchitnykh svoystv netkanykh utepliteley v paketakh odezhdy // *Dizayn i tekhnologii*. – 2016, № 56(98).

3. Sokolova A.S., Kuznetsov A.A., Nadezhnaya N.L. Metod otsenki teplozashchitnykh svoystv materialov odezhdy i ikh paketov // *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. – 2016, № 2 (31). S. 24...31.

4. Clulow. E.E., Rees W.H. The Transmission of Heat Through Textile Fabrics. Part 3: A New Thermal-Transmission Apparatus // *Journal of the Textile Institute*. – Vol. 59, № 6, 1968. P. 285...294.

5. Mishakov. V.Yu., Sovetnikov. D.A., Pavlov. M.A., Kirsanova. E.A. Theoretical method allowing calculating and analyze the effective coefficient of thermal conductivity, nonwoven heat-shielding materials// *Theoretical & Applied Science*. – №7, 2017. P.21...27.

6. Filippov A.D., Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I. Issledovanie summarnogo teplovogo soprotivleniya uteplyayushchikh materialov dlya obuvi // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2020, №1. S.134...136.

7. Gribova E.V., Novikov A.N., Volkova P.D. Laboratornaya ustanovka po issledovaniyu teploizolyatsionnykh svoystv tekstil'nykh materialov // *Sb. mat. Vseros. nauchn. konf. molodykh issledovateley s mezhdunarodnym uchastiem: Innovatsionnoe razvitiye tekhniki i tekhnologii v promyshlennosti. Chast' 4*. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2021.

8. Lampa Ekspert. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://lampaexpert.ru/vidy-i-tipy-lamp/spetsializirovannye-lampy/infrakrasnaa-lampa> – Zagl. s ekrana. (Data obrashcheniya: 10.09.2021).

9. Novikov A.N., Bonachev A.N., Makhov S.A., Borzunov G.I., Firsov A.V. Voprosy kontrolya kachestva netkanykh poloten v protsesse proizvodstva // *Shvey-naya promyshlennost'*. – 2007, №6. S.42...44.

10. Novikov A.N., Firsov A.V., Belyaev V.A., Dubrovskaya E.N. Kontrol' plotnosti netkanogo polotna v protsesse proizvodstva // *Sb. tez. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. aspirantov i studentov: Molodye uchenye – razvitiyu tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (Poisk-2007)*. – Ivanovo: IGTA, 2007. S.189...190.

11. Gribova E.V., Firsov A.V., Ivanov V.V., Novikov A.N. Ekspress-analiz teploizolyatsionnykh svoystv tekstil'nykh materialov. Svidetel'stvo o gos. registratsii programm dlya EVM №2021660192 ot 23 iyunya 2021 g.

REFERENCES

1. L. Li, X. Huang. Fabric Defect Detection Using Adaptive Wavelet Transform // *Journal of Dong Hua University*. – Vol.19, 2002. P. 35...39.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УЗЛОВ ХИРУРГИЧЕСКИХ ШОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

RESEARCH OF STRENGTH OF DIFFERENT KNOT KINDS OF SURGICAL SUTURE MATERIAL

Л.И. ОСИПОВА, М.Ф. АНУФРИЕВА, А.В. КУРДЕНКОВА,
Т.И. ВИНОКУРОВА, Я.И. БУЛАНОВ, И.В. ЛЮКШИНОВА, К.А. МАРКОВА

L.I. OSIPOVA, M.F. ANUFRIEVA, A.V. KURDENKOVA,
T.I. VINOKUROVA, YA.I. BULANOV, I.V. LYUKSHINOVA, K.A. MARKOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского, Москва)

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Vishnevsky National Medical Research Center for Surgery, Moscow)

E-mail: kurdenkova-av@rguk.ru

В работе были исследованы плетеные и крученые полиэфирные и полиамидные нити с фторполимерным покрытием, окрашенные и неокрашенные. Для оценки прочности нити были использованы узлы параллельные и перекрестные с разным числом перекидов. По результатам исследования были выявлены оптимальные по прочности типы узлов для каждого вида исследуемых нитей.

In the article braided and twisted polyester and polyamide threads with fluoropolymer coating, dyed and unpainted were investigated. To assess the strength of the thread, parallel and cross knots with a different number of passes were used. According to the results of the study, the types of knots optimal in strength for each type of investigated threads were identified.

Ключевые слова: хирургический шовный материал, разрывная нагрузка, хирургический узел.

Keywords: surgical suture material, breaking load, surgical node.

Ключевым правилом удачного исхода любой операции является возможность добиться быстрого заживления раны, предотвратить возможное развитие осложнений и создать хороший косметический эффект.

В связи с этим на сегодняшний день внимание хирургов в большей степени направлено на роль хирургического шовного материала в исходе операции.

В качестве объектов исследования данной работы были выбраны хирургические шовные материалы, а именно биологически

активные полиэфирные и полиамидные нити. Данные нити применяются при хирургических операционных вмешательствах для легирования (перевязки) сосудов и сшивания биологических тканей [1...3].

Исследуемые биологические активные нити были получены на основе крученых и плетеных полиэфирных и полиамидных нитей с фторполимерным покрытием, окрашенные и неокрашенные (табл. 1).

Фторполимерное покрытие делает хирургический узел более надежным, создает

атравматичность при прохождении через ткани, минимизирует пылящий и капиллярный эффект, повышает биосовместимость.

Чаще всего представленные нити реко-

мендуется использовать в общей хирургии, ортопедии, травматологии и сердечно-сосудистой хирургии.

Т а б л и ц а 1

№	Артикул нити	Наименование изделия	Способ формирования нити	Линейная плотность нити, текс
1	019/02	Нить полиэфирная с фторполимерным покрытием, окрашенная	Плетеная	50
2	019/04	Нить полиэфирная с фторполимерным покрытием, окрашенная	Плетеная	160
3	019/11	Нить полиамидная с фторполимерным покрытием, окрашенная	Крученая, 27 кр/м, направление S	130
4	019/14	Нить полиамидная с фторполимерным покрытием, окрашенная	Крученая, 29 кр/м, направление S	60
5	019/15	Нить полиамидная с фторполимерным покрытием, неокрашенная	Плетеная	140

Анализируя линейную плотность хирургических нитей, можно сделать вывод, что наибольшей линейной плотностью обладает образец арт. 019/04. Наименьшей линейной плотностью обладает образец 019/02.

Характеристики скрученности нитей определялись по ГОСТ 6611.3.

По результатам определения фактического числа кручений и коэффициента крутки можно сделать вывод, что наиболее интенсивно скручена нить артикула 019/14. Ее коэффициент крутки выше, чем у нити артикулом 019/11.

Изготовление крученых хирургических нитей достаточно простое. При плотной крутке такие нити имеют небольшой свободный объем между элементарными нитями. Однако медико-биологические характеристики крученых нитей, как правило, неудовлетворительны: их инфицируемость высока из-за высоких фитильных свойств. Кроме того, отмечается неравномерность механических свойств этих нитей. Поэтому в качестве шовных материалов они применяются все реже.

Нить, которая получается в результате плетения нескольких комплексных или крученых нитей, называется плетеной нитью.

Их изготавливают путем плетения комплексных нитей на плетельных машинах. Такие нити имеют лучшую однородность и

форму узла, с ними удобнее работать, так как концы нитей не разволокняются, как у крученых. Как правило, плетеные нити имеют более плотную структуру, чем крученые, однако и в их межволоконном пространстве происходит скапливание тканевой жидкости, что создает условия для возникновения очагов вторичного инфицирования. Это фактор может быть частично скорректирован созданием более плотных структур плетения [1...3], [5...10].

Одним из важнейших требований, предъявляемых к хирургическим нитям в процессе оперативного вмешательства, относят надежность накладываемых хирургических узлов. Именно хирургический узел будет самой ответственной и важной частью хирургического шва. В случае наложения ненадежного узла он определяет несостоятельность всего шва, так как без надежно завязанных узлов шов может привести к раскрытию раны и возникновению послеоперационных осложнений.

От многих факторов будет зависеть надежность хирургических узлов. К основным факторам относят: химическая природа нити, структура, тип узла и фрикционные свойства поверхности нити.

После того, как узел сформирован, излишки нити отрезают вблизи узла. Длина оставляемых концов нити (так называемые "усики") также влияет на надежность узла – чем они длиннее, тем меньше вероятность

самопроизвольного развязывания узла. Обычно при использовании многофиламентных нитей оставляют "усики" длиной 3 мм, при использовании монопнитей – не менее 5 мм. Более длинные концы нити нежелательны, так как увеличивают массу инородного материала и вероятность нагноения и развития лигатурного свища.

Все это обуславливает важность детальной характеристики свойств различных хирургических узлов шовных материалов и выбора оптимального узла для каждого вида и типоразмера нити.

После наложения шва хирургическая нить испытывает со стороны ушитых тканей растягивающие усилия, под действием которых может происходить разрыв нити или узел может развязаться [1...3], [5...10].

Разрывная нагрузка нити определялась по ГОСТ 31620 [4].

На разрывной машине Инстрон проводились испытания по определению разрывной нагрузки нити. Данная нагрузка определялась методом разрыва отрезка шовного материала с завязанным на нем узлом. На середине отрезка шовного материала был завязан и плотно затянут узел. Испытываемый образец заправляли в зажимы разрывной машины таким образом, чтобы узел располагался на равном расстоянии от зажимов. Расстояние между зажимами было равно 200 мм.

Проанализированы узлы параллельные (обозначенные символом "=") и перекрестные (обозначенные символом "x") с разным числом перекидов (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Вид узла	Среднее значение по результатам 10 испытаний (Н)				
	Нить полиэфирная		Нить полиамидная		
	019/02	019/04	019/11	019/14	019/15
Простой по ГОСТ 31620	20,7±0,4	88,8±2,5	84,5±2,9	82,2±2,4	73,4±1,7
1x1	0,9±0,1	16,6±2,5	12,8±3,0	5,4±2,3	7,9±2,8
1=1	18,3±0,7	72,2±5,4	77,3±5,9	39,5±2,9	48,5±8,8
1x1x1	18,1±0,4	57,3±9,6	78,9±7,9	46,4±3,5	68,7±3,0
1=1=1	17,2±0,5	73,5±4,0	80,5±5,5	41,1±2,8	67,7±2,9
2x1	19,3±0,6	55,0±5,9	78,7±5,1	63,2±5,6	68,4±5,3
2=1	20,7±0,4	46,3±8,3	77,5±7,6	44,3±2,7	45,2±9,3

При сравнении прочности узлов установлено, то наибольшую разрывную нагрузку имеет простой узел независимо от вида нити. Наименьшую разрывную нагрузку имеет узел 1x1.

Разрывная нагрузка простого узла и узла 1x1 имеет наибольшие значения у образца арт. 019/04, а наименьшая – у образца арт. 019/02.

Прочность узлов 1=1, 1x1x1, 1=1=1, 2x1 и 2=1 наибольшая у образца арт. 019/11, а наименьшая – у образца арт. 019/02.

ВЫВОДЫ

Делая общий вывод по результатам проведенного испытания по определению разрывной нагрузки в узле хирургических шовных материалов, можно отметить, что самым прочным оказался образец арт. 19/04 при разрыве простого узла по ГОСТ 31620. Также достаточно высокие показатели

установлены при разрыве образца арт. 019/11. Самые низкие значения показателя выявлены у образца арт.019/02 при разрыве узла 1x1.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 31620. Материалы хирургические шовные. Общие технические требования. Методы испытаний.
- Осипова Л.И., Курденкова А.В., Буланов Я.И. Классификация и эксплуатационные свойства хирургических шовных материалов // Сб. научн. тр. Междунар. научн.-практ. заочной конф.: Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий. – М., 2020. С. 120...123
- Осипова Л.И., Курденкова А.В. Анализ ассортимента и свойств хирургических шовных материалов // В сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020). – 2020. С. 60...63
- Осипова Л.И., Курденкова А.В., Буланов Я.И., Винокурова Т.И. Оценка качества хирургических

шовных материалов // Дизайн и технологии. – 2020, № 75 (117). С. 59...63.

5. Осипова Л.И., Курденкова А.В. Основные характеристики шовных материалов // В сб. тр. по итогам работы Круглого стола с международным участием: Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности. – 2021. С. 54...57.

6. Осипова Л.И., Ануфриева М.Ф., Курденкова А.В. Исследование физико-механических свойств хирургических шовных материалов // В сб. мат. Всерос. научн. конф. молодых исследователей с международным участием: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности. – М., 2021. С. 91...93.

7. Sazhnev N. A., Gridina N. N., Kil'deeva N. R. Study of the Properties of Biologically Active Films of Chitosan Containing an Anesthetizing Substance // Fibre Chemistry. – V.52, 2021. P.394...399.

8. Кузнецов О.Ю., Шутова Т.А., Старшова А.В., Наваррская И.А., Головлев М.Г. Методика оценки антимикробного действия волоконистых материалов при скрининговых исследованиях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 3. С. 71...74

9. Lang Xu, Qian Liu. Real-time inextensible surgical thread simulation // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. – V. 13, 2018. P.1019...1035.

10. Manas Datta Roy, Subrata Ghosh, Ayushi Yadav & Somsubhra Datta. Roy Effect of Coefficient of Friction and Bending Rigidity on Handling Behaviour of Surgical Suture // Journal of The Institution of Engineers (India): Series E. – V. 100, 2019. P.131...137.

REFERENCES

1. GOST 31620. Materialy khirurgicheskie shovnyye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy.

2. Osipova L.I., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I. Klassifikatsiya i ekspluatatsionnye svoystva khirurgicheskikh shovnykh materialov // Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauchn.-prakt. zaachnoy konf.: Kontseptsii, teor-

iya, metodiki fundamental'nykh i prikladnykh nauchnykh issledovaniy v oblasti inklyuzivnogo dizayna i tekhnologiy. – М., 2020. S. 120...123

3. Osipova L.I., Kurdenkova A.V. Analiz assortimenta i svoystv khirurgicheskikh shovnykh materialov // V sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2020). – 2020. S. 60...63

4. Osipova L.I., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I., Vinokurova T.I. Otsenka kachestva khirurgicheskikh shovnykh materialov // Dizayn i tekhnologii. – 2020, №75 (117). S. 59...63.

5. Osipova L.I., Kurdenkova A.V. Osnovnye kharakteristiki shovnykh materialov // V sb. tr. po itogam raboty Kруглого stola s mezhdunarodnym uchastiem: Aktual'nye problemy ekspertizy, tekhnicheskogo regulirovaniya i podtverzhdeniya sootvetstviya produktsii tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – 2021. S. 54...57.

6. Osipova L.I., Anufrieva M.F., Kurdenkova A.V. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv khirurgicheskikh shovnykh materialov // V sb. mat. Vseros. nauchn. konf. molodykh issledovateley s mezhdunarodnym uchastiem: Innovatsionnoe razvitie tekhniki i tekhnologiy v promyshlennosti. – М., 2021. S. 91...93.

7. Sazhnev N. A., Gridina N. N., Kil'deeva N. R. Study of the Properties of Biologically Active Films of Chitosan Containing an Anesthetizing Substance // Fibre Chemistry. – V.52, 2021. P.394...399.

8. Kuznetsov O.Yu., Shutova T.A., Starshova A.V., Navarrskaya I.A., Golovlev M.G. Metodika otsenki antimikrobnogo deystviya voloknistykh materialov pri skringovykh issledovaniyakh // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 3. S. 71...74

9. Lang Xu, Qian Liu. Real-time inextensible surgical thread simulation // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. – V. 13, 2018. P.1019...1035.

10. Manas Datta Roy, Subrata Ghosh, Ayushi Yadav & Somsubhra Datta. Roy Effect of Coefficient of Friction and Bending Rigidity on Handling Behaviour of Surgical Suture // Journal of The Institution of Engineers (India): Series E. – V. 100, 2019. P.131...137.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НА ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
МАТЕРИАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБУВИ**

**INFLUENCE OF CLIMATE PARAMETERS
ON TRIBOELECTRIC PROPERTIES
OF SPECIAL FOOTWEAR MATERIALS**

О.А. БЕЛИЦКАЯ, А.А. ФОКИНА, Е.С. РЫКОВА, И.А. МАКСИМОВА, Ю.С. КОНАРЕВА

O.A. BELITSKAYA, A.A. FOKINA, E.S. RYKOVA, I.A. MAKSIMOVA, Yu.S. KONAREVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: belitskaya-oa@rguk.ru; fokina-aa@rguk.ru; rykova-es@rguk.ru;
maksimova-ia@rguk.ru; job-rgutdi@mail.ru

Изучение трибоэлектрических свойств материалов необходимо для проектирования конструкций антистатической обуви. Антистатическая обувь – это один из элементов защиты человека от электростатических зарядов во время производственных процессов. Электростатические заряды, накапливаясь на теле, одежде и обуви человека, могут повреждать электронные компоненты, выводить из строя чувствительное измерительное оборудование, а также быть причиной возникновения возгораний и детонации взрывов в нефтегазовом производстве. Антистатическая обувь преимущественно изготавливается из материалов, которые способны проводить заряд в землю и препятствуют его накоплению. В условиях пониженных температур накопление электростатических зарядов и их стекание меняется. Поэтому задача исследования трибоэлектрических свойств материалов, из которых изготавливается специальная обувь, в широком диапазоне температур является актуальной.

Целью статьи является измерение напряженности электростатического поля и постоянной времени релаксации электростатических зарядов для наружных, внутренних и промежуточных материалов верха обуви на трибоэлектрической динамической установке, совмещенной с камерой тепла-холода ТЭК 50/60, которая позволяет исследовать свойства обувных материалов в широком диапазоне температур от -50°C до +60°C. Показано, что у обувных материалов с понижением температуры возрастает время релаксации электростатического заряда и сила заряда.

The study of the triboelectric properties of materials is necessary for the design of antistatic footwear structures. Antistatic footwear is one of the elements to protect a person from electrostatic charges during production processes. Electrostatic charges accumulating on the body, clothing and footwear of a person can damage electronic components, disable sensitive measuring equipment, and also cause fires and detonation of explosions in the oil and gas industry. Antistatic footwear is made from materials that are capable of conducting charge into the ground and prevent it from accumulating. At low temperatures, the accumulation of electrostatic charges and their drainage change. Therefore, the task of studying the triboelectric properties of materials from which special shoes are made is relevant in a wide temperature range.

The aim of the article is to measure the strength of the electrostatic field and the relaxation time constant of electrostatic charges for the outer, inner and intermediate materials of the upper of the shoe on a triboelectric dynamic installation combined with the heat-cold chamber TEK 50/60, which allows you to study the properties of shoe materials in a wide temperature range from - 50 ° C to + 60 ° C. It is shown that with decreasing temperature in shoe materials, the relaxation time of the electrostatic charge and the charge strength increase.

Ключевые слова: трибоэлектрические свойства, обувные материалы, широкий диапазон температур, антистатическая обувь, обувь, электростатические заряды.

Keywords: triboelectric properties, footwear materials, wide temperature range, antistatic footwear, footwear, electrostatic charges.

Введение

Нефтегазоперерабатывающий комплекс Российской Федерации формирует немалую долю денежных поступлений страны, при этом увеличиваются доходы северных регионов и растет число высокотехнологичных рабочих мест. Большая часть углеводородных ресурсов находится в месторождениях Севера и Арктики. Освоение этих ресурсов и увеличение экономического потенциала северных регионов обозначено в государственной программе "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации", утвержденной Правительством РФ 30 марта 2021 г. № 484 [1].

Специалисты Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук" констатируют, что "...несмотря на значительные перспективы, освоение арктического шельфа Российской Федерации связано с серьезными вызовами и проблемами, прежде всего обусловленными спецификой природной среды и проявлением рискфакторов, отсутствующих в умеренных широтах, что требует принципиального технологического и технического перевооружения отрасли" [2].

При этом необходимо разрабатывать и реализовывать технологические инновации для обеспечения конкурентоспособности арктических промыслов. Уровень системы индивидуальной защиты человека необходимо повышать, особенно в тяжелых климатических условиях, что недостаточно

учитывается в нормативно-технической документации в настоящее время.

Проектирование специальной антистатической обуви базируется на системе государственных стандартов, разработанных и принятых к использованию в течение последнего десятилетия. Как известно, интенсивное развитие обувной промышленности существенно расширило ассортимент обувных материалов, однако их свойства не всегда учтены в ГОСТах, особенно в условиях пониженных температур.

Процессы добычи, транспортирования, хранения, переработки и реализации нефтепродуктов характеризуются чередой периодических аварий и катастроф. Человеческий фактор становится причиной до 70% аварийных ситуаций (по данным МЧС – до 80 %), природные факторы – 10...15%, техногенные факторы – 10...20% [3].

Проведенный анализ [4...9] производственных условий предприятий нефтегазовой отрасли, как наиболее крупной и интенсивно развивающейся, показал, что наличие распределенных электрических зарядов, которые создают электростатические поля на одежде и теле работников в процессе выполнения технологических операций, обуславливают высокую взрывоопасность. Возникающие электростатические разряды способны зажигать горючие газы, пары или пыль, находящиеся в воздушной среде. Возникновение искры может привести к объемному взрыву. В результате детонации взрывов и пожаров наносится ущерб

производству и персоналу. Согласно статистике причиной взрывов паровоздушных смесей в 27% случаев является статическое электричество.

Основными факторами, которые способствуют возникновению повышенной взрывоопасности на производствах нефтегазодобычи в условиях Крайнего Севера, являются:

- наличие повышенной концентрации горючих веществ в воздухе;
- резкое снижение скоростей релаксации зарядов с поверхностей диэлектриков (одежда, обувь) в условиях низких температур;
- нарушение надежности заземлений металлоконструкций.

В процессе производства человек является одним из главных источников возникновения и накопления электростатических зарядов. Появление статического электричества наблюдается при выполнении практически всех операций. На теле и одежде работника накапливается электростатический потенциал, который образуется за счет контактной электризации элементов одежды и обуви. В условиях низких температур в атмосферном воздухе содержится малое количество водяного пара, поэтому наружная часть обуви сильно электризуется по сравнению с частями обуви, прилегающими к стопе, где влажность существенно выше за счет теплового излучения кожи человека.

Поэтому исследования электростатических свойств обувных материалов необходимо проводить не только в нормальных климатических условиях, но и в реальных условиях их эксплуатации – при пониженных и повышенных температурах.

Методы

Проведены испытания на установке для исследования трибоэлектрических свойств материалов, совмещенной с камерой теплехолода ТЭК 50/60, которая позволяет исследовать свойства обувных материалов в широком диапазоне температур (-50 °С до +60 °С).

Установка представляет собой камеру теплехолода ТЭК 50/60, в которой распо-

ложена динамическая установка, состоящая из нескольких узлов: двух пластин, выполняющих роль конденсатора, на нижней заземленной пластине закреплен испытуемый материал; узла образования электростатического заряда (перемещение контактной пары) и узла измерения электростатических зарядов.

Испытания проходят следующим образом:

1) перед включением блока перемещения контактной пары измеряется первоначальное значение напряженности поля (фон испытуемого образца);

2) фаза насыщения электростатического заряда при включенной контактной паре (насыщение наступает, когда величина напряженности электростатического поля перестает повышаться и достигает точки максимума) [10];

3) фаза спада заряда при выключенной контактной паре (для измерения времени релаксации электростатического заряда).

Испытания проводились в диапазоне температур от -30°С до +30°С, относительная влажность воздуха составляла 65±5 %, погрешность измерения 15 %.

Для испытаний в камере теплехолода ТЭК 50/60 нами выбраны материалы: № 1 – юфть термопластическая; № 2 – спилок яловый; № 3 – нетканый материал "Cambrell"; № 4 – нитроискожа-Т и № 5 – бязь термопластическая. В качестве материала контактной пары используется хлопок 100%.

Результаты и обсуждения

На рис. 1 (изменение напряженности ЭСП образца № 1 в широком диапазоне температур) представлены результаты лабораторных измерений материала №1 – юфть термопластическая, используемого для деталей верха. Видно, что с понижением температуры возрастает фоновое и максимальное значение электростатического заряда. Четко прослеживается три температурных интервала. В интервале от +15 до +30°С заряд находится на уровне 10 кВ/м. При понижении температуры с +10 до -10°С электризация увеличивается в 2...3 раза. В интервале от -15 до -30°С электри-

зация достигает максимальной величины 140 кВ/м.

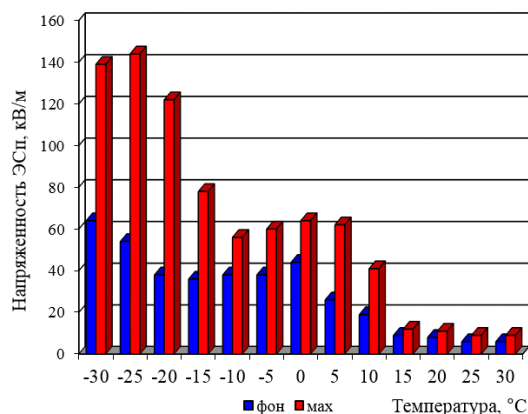


Рис. 1

На рис. 2 (изменение напряженности ЭСП образца № 2 в широком диапазоне температур) представлены результаты лабораторных измерений материала №2 – спилек яловый, использующегося для деталей подкладки. В интервале температур от +15 до +30°C электризация составляет около 20 кВ/м, с понижением температуры просматривается явное увеличение электризации и при -30 °C напряженность электростатического поля равняется 120 кВ/м.

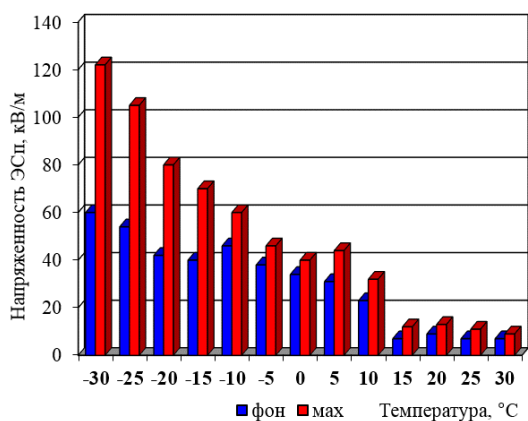


Рис. 2

На рис. 3 (изменение напряженности ЭСП образца № 3 в широком диапазоне температур) представлены результаты лабораторных испытаний нетканого материала № 3 – "Cambrell". По результатам исследования подкладочного нетканого материала видно, что электризация при положительной температуре составляет от 50 до

100 кВ/м. С понижением температур электризация достигает 300 кВ/м.

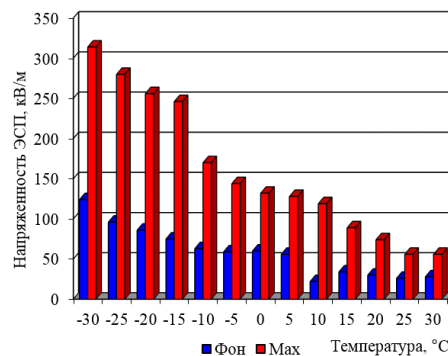


Рис. 3

На рис. 4 (изменение напряженности ЭСП образца № 4 в широком диапазоне температур) представлены результаты лабораторных измерений материала № 4 – нитроискожа-Т. Испытания материала для задников и подносков показали, что электризация практически отсутствует в положительном интервале температур, но уже при 5°C возрастает до 5 кВ/м. Далее идет постоянное увеличение напряженности электростатического поля и при -30°C составляет 100 кВ/м.

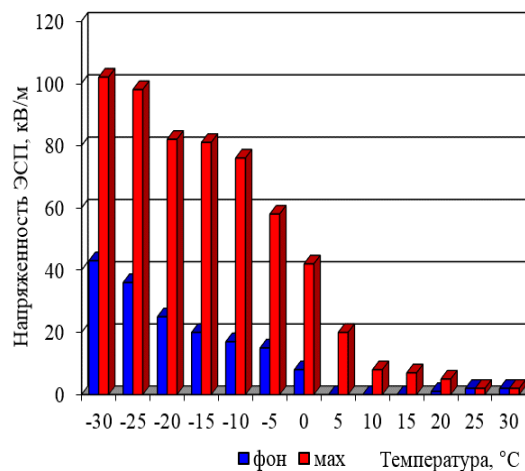


Рис. 4

На рис. 5 (изменение напряженности ЭСП образца № 5 в широком диапазоне температур) представлены результаты лабораторных измерений материала № 5 – бязь термопластическая. При испытании межподкладки с клеевой пропиткой получились следующие результаты: в положи-

тельном интервале температур электризация составляет около 40 кВ/м, увеличение электризации происходит при -10°C .

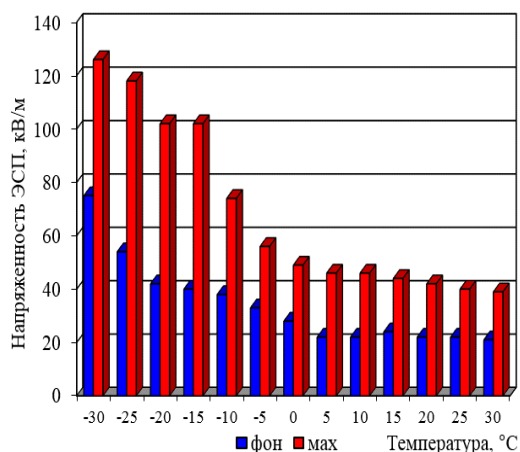


Рис. 5

На рис. 6 (зависимость постоянной времени релаксации электростатического заряда от температуры) представлено изменение постоянной времени релаксации электростатического заряда испытуемых материалов в широком диапазоне температур. Во всех случаях прослеживается одинаковая динамика: с понижением температуры стекание электростатических зарядов замедляется. Самые высокие результаты – более 550 с – у образца № 3 (материала "Cambrell").

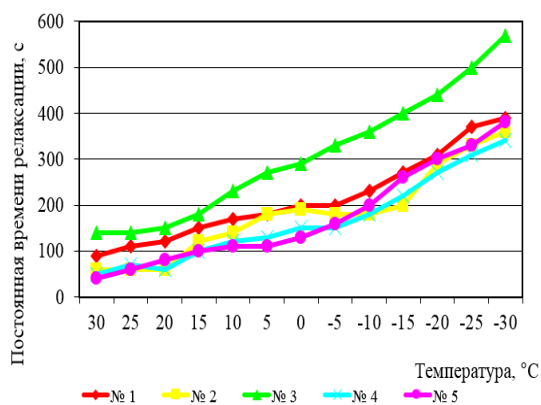


Рис. 6

ВЫВОДЫ

В заключении можно сказать, что проведены измерения напряженности электростатического поля и постоянной времени релаксации электростатических зарядов

для наружных, внутренних и промежуточных материалов верха обуви в диапазоне температур от -30°C до $+30^{\circ}\text{C}$.

По полученным результатам видно, что у всех материалов с понижением температуры возрастает, в разной степени, время релаксации и сила заряда.

Выявлено, что в отрицательном диапазоне температур сила заряда у всех испытанных материалов увеличивается более чем на 40%, по сравнению с положительным диапазоном температур.

Постоянная времени релаксации электростатического заряда с понижением температуры испытаний на 5°C увеличивается, в среднем, на 50 секунд.

Установлено, что ни один материал не подходит под требования стандарта ГОСТ ИЕС 61340-5-1–2019, в котором констатируется, что у материалов, применяемых в антистатической обуви, постоянная времени релаксации заряда, должна составлять не более 2 секунд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 30 марта 2021 г. № 484, в котором утверждена государственная программа "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации".
2. Инновационные факторы в освоении арктического шельфа и проблемы импортозамещения / Под науч. ред. В.А. Цукермана. – Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2019.
3. Павлов Л.К., Форафонов Э.С., Салихов З.С., Шологин О.Н., Рябов Ю.Г., Котляров А.А. Концепция нового подхода к проблеме контроля и обеспечения потенциальной безопасности на взрывопожарных объектах газовой отрасли // Мат. Отраслевой науч.- практ. конф.: Актуальные проблемы и новые технологии освоения месторождений углеводородов Ямала в XXI веке. – М., 2004. С. 320...329.
4. Shuaihang PAN, Zhinan Zhang. Fundamental theories and basic principles of triboelectric effect: A Review // Friction. – 07(01), 2019. P.2...17.
5. Ахметова Г.Ж., Бердикулов М.А., Полежаева И.С., Агабекова Г.Н., Есиркепова А.М. Мировой рынок спецодежды и перспективы его развития в условиях пандемии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 3. С. 30...35
6. Chowdhury F., Ray M., Passalacqua A., Mehrani P., Sowinski A. Evaluating the electrostatic charge transfer model for particle-particle interactions // Journal of Electrostatics. – V. 112, July 2021, 103603.
7. Белицкая О.А., Леденева И.Н. Основы моделирования трибоэлектрических свойств материалов для обуви. – М.: МГУДТ, 2014.

8. Belitskaya O.A., Fokina A.A., Rykova E.S., Panferova E.G. Testing the Electrical Resistance of Materials for Protective Footwear Production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – V.1079, Chapter 4, 2021.

9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Riesgos debido a la electricidad estática, Madrid, 2016. NIPO: 272-15-036-2(In Esp).

10. Белицкая О.А. Оценка электростатических свойств стелечных материалов // Дизайн и технологии. – 2017, № 59 (101). С. 36...42.

REFERENCES

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 30 marta 2021 g. № 484, v kotorom utverzhdena gosudarstvennaya programma "Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii".

2. Innovatsionnye faktory v osvoenii arkticheskogo shel'fa i problemy importozameshcheniya / Pod nauch. red. V.A. Tsukermana. – Apatity: Izdatel'stvo FITs KNTs RAN, 2019.

3. Pavlov L.K., Forafonov E.S., Salikhov Z.S., Shologin O.N., Ryabov Yu.G., Kotlyarov A.A. Kontseptsiya novogo podkhoda k probleme kontrolya i obespecheniya potentsial'noy bezopasnosti na vzryvopozharnykh ob"ektakh gazovoy otrasli // Mat. Otrasleye voy nauch.- prakt. konf.: Aktual'nye problemy i novye tekhnologii osvoeniya mestorozhdeniy ugle-vodородov Yamala v XXI veke. – M., 2004. S. 320...329.

4. Shuaihang PAN, Zhinan Zhang. Fundamental theories and basic principles of triboelectric effect: A Review // Friction. – 07(01), 2019. P.2...17.

5. Akhmetova G.Zh., Berdikulov M.A., Polezhaeva I.S., Agabekova G.N., Esirkepova A.M. Mirovoy rynek spetsodezhdy i perspektivy ego razvitiya v usloviyakh pandemii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 3. S. 30...35

6. Chowdhury F., Ray M., Passalacqua A., Mehrani P., Sowinski A. Evaluating the electrostatic charge transfer model for particle-particle interactions // Journal of Electrostatics. – V. 112, July 2021, 103603.

7. Belitskaya O.A., Ledeneva I.N. Osnovy modelirovaniya triboelektricheskikh svoystv materialov dlya obuvi. – M.: MGUDT, 2014.

8. Belitskaya O.A., Fokina A.A., Rykova E.S., Panferova E.G. Testing the Electrical Resistance of Materials for Protective Footwear Production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – V. 1079, Chapter 4, 2021.

9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Riesgos debido a la electricidad estática, Madrid, 2016. NIPO: 272-15-036-2(In Esp).

10. Belitskaya O.A. Otsenka elektrostaticeskikh svoystv stelechnykh materialov // Dizayn i tekhnologii. – 2017, № 59 (101). S. 36...42.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

УДК 677.02

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_53

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ТКАНИ В ОТДЕЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

IMPROVEMENT OF QUALITY CONTROL METHODS OF FINISHED FABRIC IN FINISHING PRODUCTION

Е.А. РЫЖКОВА, Е.А. ИСАЕВА

Е.А. RYZHKOVA, Е.А. ISAEVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: 1995_isaeva@mail.ru; anel65@mail.ru

В статье проводится обзор методов контроля качества ткани на разных этапах ее производства, включая отделку. Рассматривается наиболее часто используемый метод контроля качества – органолептический. Перечислены этапы контроля. Рассмотрено устройство мерильно-браковочного оборудования. Рассматриваются особенности контроля при построении ав-

томатических или автоматизированных систем. Предлагается обобщенный алгоритм, позволяющий не только контролировать, но и регистрировать, и классифицировать обнаруженные дефекты. Рассматриваются особенности фотоэлектрических методов определения дефектов ткани и их недостатки. В результате был предложен метод получения информации о качестве текстильных материалов, который позволит не только определить их качество, но и спрогнозировать рациональное использование на основе полученной о данном материале информации.

This article reviews the methods of fabric quality control at different stages of its production, including finishing. The most frequently used method of quality control – organoleptic is considered. The control stages are listed. The device of measuring and rejection equipment is considered. The features of control in the construction of automatic or automated systems are examined. A generalized algorithm that allows not only to control, but also to register and classify the detected defects is proposed. The features of photovoltaic methods for determining tissue defects and their disadvantages are considered. As a result, a method was proposed for obtaining information about the quality of textile materials, which will not only determine their quality, but also allow predicting rational use based on the information received about this material.

Ключевые слова: контроль качества, текстильные материалы, методы контроля, ткани, браковочное оборудование, автоматические системы, оптические методы контроля, скоростная видеокамера.

Keywords: quality control, textile materials, control methods, fabrics, rejection equipment, automatic systems, optical control methods, high-speed video camera.

В настоящее время для оценки качества готовой продукции используется так называемый органолептический метод, то есть вся работа выполняется специальным контролером качества. В его работу входит:

-контроль качества готовых тканей и трикотажного полотна в соответствии с государственными стандартами, техническими условиями и инструкциями;

-выявление пороков и определение их сортности;

-контроль плотности, ширины и меры ткани, массы полотна и сукон, размеров трикотажных и других изделий;

-соответствия данных о мере и массе тканей и размеров изделий записям сопроводительной документации и учетным данным;

-выборочный контроль качества полуфабриката трикотажного производства;

-соблюдение установленного объема выборочной проверки;

-возвращение контролируемых тканей и изделий для повторной обработки и исправления пороков;

-клеймение готовой продукции;

-оформление паспорта на готовые изделия и актов на продукцию пониженного качества;

-ведение учетной документации о результатах контроля по установленным формам;

-участие в разработке и осуществлении мероприятий по устранению дефектов и повышению качества продукции.

Вся работа производится на специальном браковочном оборудовании или браковочных столах (мерильно-браковочных машинах). Такие машины имеют размоточное устройство, установленное на опорной раме остова; приводной вал с прижимным валиком для подачи материала из размоточного устройства, лотковый накопитель, установленный между приводным валом

размоточного устройства и транспортирующим устройством, смонтированным на боковых стойках остова. Экран для просмотра ткани также крепится к боковым стойкам остова. За экраном установлены отклоняющийся вал и бункер-накопитель, под экраном – дополнительный горизонтальный экран и намоточное устройство с механизмом выравнивания кромки, рядом с экраном монтируется измерительный блок, кинематически связанный с транспортирующим устройством и устройством для измерения ширины.

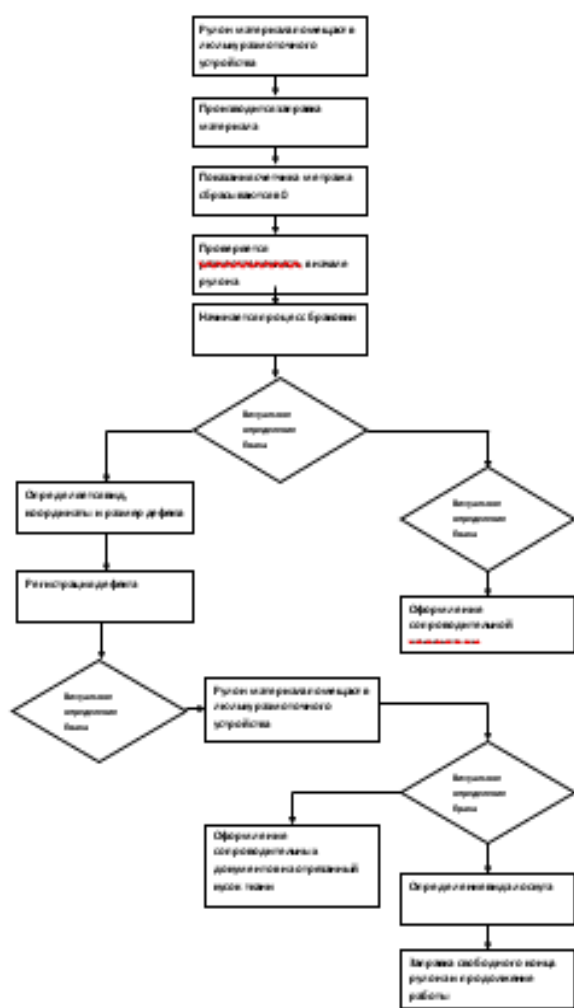


Рис. 1

Особенностью органолептического метода является субъективность оценки, так как сама оценка зависит от опыта и физического состояния контролера. Данный вид работы однообразен и, как следствие, утомителен. Алгоритм процесса обнаружения,

классификации и регистрации дефекта приведен на рис. 1. При этом нельзя гарантировать точности в определении дефектов, что неблагоприятно сказывается на производстве в целом. Получаемая информация о ткани используется неэффективно, так как весь дальнейший процесс (при сортировке и расфасовке) предполагает использование ручного труда.

Также для контроля качества используются автоматические системы, которые, в зависимости от применяемого метода, делятся на группы:

1) устройства с механическими системами для контроля гладкой поверхности – обнаружения складок, утонений, уплотнений, и др.;

2) системы фотоэлектрического контроля, осуществляющие обзор движущейся поверхности с помощью одного или группы фотодатчиков, расположенных на некотором расстоянии от контролируемого объекта и воспринимающие отраженный или прошедший сквозь него световой поток;

3) системы, осуществляющие контроль движущейся поверхности путем сканирования их электронными или механическими развертывающими устройствами.

При использовании механических устройств исследуемая ткань проходит по наклонному столу, на котором установлен прибор, оборудованный рамкой с щупами. Все утолщения, которые встречаются в ткани, поднимают на своем пути щупы, которые воздействуют при этом на электрические контакты, отличающие появление брака в ткани. Расстояние между тканью и щупами устанавливается при помощи микрометрического винта с точностью до 0,025 мм.

Устройства с механическими системами контроля в состоянии обнаружить лишь ограниченный круг дефектов, связанных главным образом с нарушением гладкости поверхности и ее механическими повреждениями. В связи с этим эти устройства не могут решать задачу автоматизации процесса контроля. Кроме того, применение контактных датчиков для контроля каче-

ства поверхности не исключает возможности механического повреждения контролируемого материала при неправильной настройке датчиков или при попадании в зону контроля больших складок и утолщений.

Фотоэлектрические методы обнаружения дефектов поверхности ткани (пятен, загрязнений, полосатости, нарушение целостности) основаны на том, что коэффициент отражения в области дефекта, как правило, отличается от соответствующих коэффициентов в области ткани без дефектов. Обозначив поток излучения, падающий на поверхность ткани, Φ_0 и коэффициент отражения поверхности ткани без дефектов и с дефектом соответственно ρ_0 и ρ_d можно представить изменение величины потока излучения, отраженного от поверхности ткани при переходе от участка поверхности ткани без дефектов к участку поверхности с дефектом, как:

$$\Phi = \Phi_0 \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_0} \right) \rho_0. \quad (1)$$

Таким образом, появление в поле зрения фотоприемника достаточно значительного дефекта сопровождается изменением освещенности фотоприемника, и, следовательно, изменением уровня напряжения на выходе последнего.

Уровень этого напряжения, как и у фотоприемника, освещаемого потоком, проходящим через движущуюся ткань, даже в случае полного отсутствия дефектов на контролируемом отрезке ткани, не может оставаться строго постоянным, так как при движении ткани условия отражения потока излучения от ее поверхности периодически изменяются вследствие того, что ткань является более или менее сложной периодической структурой, состоящей из множества нитей. Спектральный состав переменной составляющей выходного напряжения цепи фотоприемника при отсутствии дефектов в ткани, которую можно рассматривать как шум, определяется скоростью движения ткани и ее структурой.

Простейшим видом многоканальных устройств для обнаружения дырок в ткани является устройство, состоящее из осветителя и ряда фотоприемников.

Дефекты контролируемой ткани различаются по размеру и коэффициенту отражения, поэтому к выходу каждого фотодиода подключается по четыре различных канала обработки выходного сигнала для выявления дефектов определенного типа.

По сочетанию сигналов на выходах этих четырех каналов возможно принципиально оценить качество ткани с помощью соответствующей логической схемы. Но данный метод предусматривает большое количество оборудования. Поэтому он является достаточно дорогостоящим и не всегда надежным из-за отказов входящих в систему элементов.

Простейшее сканирующее устройство для обнаружения нарушений целостности полотна состоит из осветителя и фотоприемника, совершающих совместно возвратно-поступательные движения поперек полотна, находясь по разные стороны от него. Если же между осветителем и фотоприемником оказывается отверстие в полотне, интенсивность потока излучения, поступающего на фотоприемник, резко возрастает, вследствие чего в выходной цепи фотоприемника появляется сигнал, указывающий на наличие дефекта.

При работе в отраженном свете нарушение целостности контролируемой ткани можно обнаруживать по импульсу затемнения фотоприемника, так как световой поток излучения, отраженный дефектным участком ткани, окажется меньше отраженного целостным ее участком.

Однако при этом нельзя отличить небольшие нарушения целостности ткани от уменьшения коэффициента отражения ее поверхности, так как в обоих случаях освещенность фотоприемника падает.

Но по мере возрастания скорости движения контролируемой ткани и ее ширины возрастает требуемая скорость сканирования, что предъявляет жесткие и часто просто невыполнимые для механических систем требования.

ВЫВОДЫ

Действительно, для того чтобы проконтролировать без пропусков всю поверхность ткани шириной 1 м, двигающейся со скоростью 1 м/с в поле зрения фотоприемника 1 см, скорость сканирования должна быть 200 м/с. Поэтому возможности применения устройств, где сканирование осуществляется путем механического возвратно-поступательного движения, довольно ограничены. Указанное ограничение в значительной мере может быть устранено благодаря использованию световодов. Для этого на поверхность контролируемой ткани перпендикулярно направлению ее движения устанавливается тавр с закрепленными в нем концами стекловолоконистых световодов, образующих непрерывный ряд. Другие концы этих световодов образуют два сплошных концентрических кольца, над которыми расположен диск с двумя закрепленными в нем собирательными линзами и расположенными за ними фотоприемниками. При вращении диска каждый из фотоприемников последовательно просматривает концы всех световодов, образующих соответствующее ему кольцо. Выходы фотоприемников соединены по дифференциальной так, чтобы с них снимался разностный сигнал. Это обеспечивает контроль поверхности ткани, как и в многоканальном устройстве.

Рассмотренные методы показали, что в настоящее время нет достаточно эффективного способа контроля качества текстильной продукции. Поэтому существует необходимость построения простой в эксплуатации, надежной и доступной в ценовом сегменте системы контроля качества текстильных изделий. Такая система может быть построена на базе сверхскоростной видеокамеры, которая может с высокой точностью и скоростью фиксировать не только сами дефекты, но и их размеры, и координаты. При этом возможность таких камер позволяют передавать и сохранять полученное изображение в реальном масштабе времени, а это, в свою очередь, базы данных, базы знаний и на их основе экспертные системы.

Анализ существующих методов обнаружения дефектов показал их несовершенство, дороговизну или ненадежность. Следовательно, задача построения простой в обращении и надежной системы обнаружения дефектов остается актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков А.Е., Рыжкова Е.А., Иванов М.С., Осина А.М. Применение современных интеллектуальных технологий для исследования сложных многомерных динамических объектов технологического оборудования // *Материалы и технологии*. – 2019, № 1 (3). С. 59...63.
2. Ермаханова Л.Н., Джунисбеков М.Ш., Темиргалеев Т.К., Глешова А.С. Применение нейронных сетей в системе управления технологическим процессом текстильной промышленности // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2020, № 2.
3. Балыхин М.Г., Донник И.М., Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Макаровская З.В., Жиров М.В. Система автоматического регулирования процесса формования сыпучих масс с использованием цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2019, № 3.
4. Chachina A.A., Ryzhkova E.A. On the selection of technical devices for an electric fork lift control system for use at textile material warehouses // *Fibre Chemistry*. – V. 50, № 2, 2018. P. 135...137
5. Алдешов С.Е., Наурызбаев К.К., Адълбекова Э.Т., Изтаев Ж.Д., Буркит А.К., Баймишева А.Ж. Методы автоматизации текстильной промышленности // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2020, № 4. С. 124...132.
6. Койайдаров Б.А., Байешов Б.Т., Койайдаров А.А. Многофункциональное перегрузочное устройство для складских работ // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2020, № 3. С.127...131.
7. Rajkishore Nayak, Rajiv Padhye. Artificial intelligence and its application in the apparel industry // *Automation in Garment Manufacturing*. – 2018. P.109...138.
8. Баррат Дж. Последние изобретения человечества: Искусственный интеллект и конец эры Номосапиенс. – М.: Альпина нонфикшн, 2015.
9. Gusarova Olga M., Yerzhanova Mira E., Berezniak Irina S., Konstantinov Viktor A., Vityutina Tatyana A. Supply chain management in the food industry: A comprehensive hierarchical decision-making structure // *International Journal of Supply Chain Management*. – 2019.

REFERENCES

1. Polyakov A.E., Ryzhkova E.A., Ivanov M.S., Osina A.M. Primenenie sovremennykh intellektual'nykh tekhnologiy dlya issledovaniya slozhnykh mnogomernykh dinamicheskikh ob"ektov tekhnologicheskogo oborudovaniya // *Materialy i tekhnologii*. – 2019, № 1 (3). S. 59...63.
2. Esmakhanova L.N., Dzhunisbekov M.Sh., Temirgaliev T.K., Tleshova A.S. Primenenie neyronnykh setey v sisteme upravleniya tekhnologicheskimi protsessami tekstil'noy promyshlennosti // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2020, № 2.
3. Balykhin M.G., Donnik I.M., Blagoveshchenskiy I.G., Blagoveshchenskaya M.M., Makarovskaya Z.V., Zhironov M.V. Sistema avtomaticheskogo regulirovaniya protsessa formovaniya sypuchikh mass s ispol'zovaniem tsifrovoy videokamery v kachestve intellektual'nogo datchika // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2019, № 3.
4. Chachina A.A., Ryzhkova E.A. On the selection of technical devices for an electric fork lift control system for use at textile material warehouses // *Fibre Chemistry*. – V. 50, № 2, 2018. P. 135...137
5. Aldeshov S.E., Nauryzbaev K.K., Adylbekova E.T., Iztaev Zh.D., Burkit A.K., Bəymisheva A.Zh. *Metody avtomatizatsii tekstil'noy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2020, № 4. S. 124...132.
6. Koyaydarov B.A., Bayeshov B.T., Koyaydarov A.A. Mnogofunktsional'noe peregruzochnoe ustroystvo dlya skladskiykh rabot // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2020, № 3. S.127...131.
7. Rajkishore Nayak, Rajiv Padhye. Artificial intelligence and its application in the apparel industry // *Automation in Garment Manufacturing*. – 2018. P.109...138.
8. Barrat Dzh. Poslednie izobreteniya chelovechestva: Iskusstvennyy intellekt i konets ery Homosapiens. – M.: Al'pina nonfikshn, 2015.
9. Gusarova Olga M., Yerzhanova Mira E., Berezniak Irina S., Konstantinov Viktor A., Vityutina Tatyana A. Supply chain management in the food industry: A comprehensive hierarchical decision-making structure // *International Journal of Supply Chain Management*. – 2019.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 04.10.21.

УДК 621.47: 677.057
DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_58

МЕТОДЫ СТАЦИОНАРНОГО И НЕСТАЦИОНАРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДЯНОГО АППАРАТА СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА С ТЕКСТИЛЬНОЙ ГЕЛИОПАНЕЛЬЮ ТРУБЧАТОГО ТИПА

METHODS OF STATIONARY AND NON-STATIONARY RESEARCH OF A WATER APPARATUS OF A SOLAR COLLECTOR WITH A TEXTILE HELIOPANEL OF A TUBULAR TYPE

Н.М. ШАРПАР, Л.И. ЖМАКИН, К.А. МАРКОВА, Л.И. ОСИПОВА

N.M. SHARPAR, L.I. ZHMAKIN, K.A. MARKOVA, L.I. OSIPOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: sharpar-nm@rguk.ru

Целью работы является применение и исследование стационарных и нестационарных методов к теплообменным аппаратам, изготовленным на базе полимерных и текстильных материалов с теплообменными поверхностями осуществляющих эффективное преобразование низкопотенциальной теплоты не только искусственного, но и естественного происхождения. В качестве реализации данной цели были решены задачи по применению тех-

нологических и технических возможностей использования в теплообменниках полимерных и текстильных материалов в качестве поверхностей теплообменного солнечного коллектора, а также определение характеристик этих аппаратов по стационарному и нестационарному методу.

Поглощающая панель абсорбера аппарата выполнена из рукавной ткани, имеющей трубчатую форму каналов. Регистрация данных в работе осуществлялась автоматически. Определен коэффициент потерь теплообменной панели при ее ориентации в горизонте и под углом 45°. Оба независимых метода привели к удовлетворительным согласующимся результатам.

The aim of the work is to apply and study stationary and non-stationary methods to heat exchangers made on the basis of polymer and textile materials with heat exchange surfaces that perform effective conversion of low-potential heat not only of artificial, but also of natural origin. As an implementation of this goal, the tasks were solved on the application of technological and technical possibilities of using polymer and textile materials in heat exchangers as surfaces of a heat exchange solar collector, as well as determining the characteristics of these devices by the stationary and non-stationary method.

The absorbing panel of the absorber of the device is made of a sleeve fabric having a tubular shape of channels. Data registration in the work was carried out by means of automation. The coefficient of losses of the heat exchange panel at its orientation in the horizon and at an angle of 45° is determined. Both independent methods led to satisfactory consistent results.

Ключевые слова: трубчатая панель, теплообменный аппарат, гелиоэнергетика, стационарный и нестационарный метод, теплоноситель, каналы, теплообмен, солнечный коллектор.

Keywords: tubular panel, heat exchanger, solar energy, stationary and non-stationary method, heat carrier, channels, heat exchange, solar collector.

В работе рассмотрены методы стационарного и нестационарного исследования характеристик аппарата радиационно-конвективного типа с трубчатой поглощающей панелью, из рукавной ткани, представляющий из себя теплообменник (рис. 1). В качестве теплоносителя в солнечном коллекторе использовалась вода, она распределялась по паре полипропиленовых каналов 1, имеющих одинаковое количество подводящих и отводящих штуцеров. Каналы закреплялись на определенном расстоянии в корпусе теплообменного аппарата 2, имеющего теплоизолированное днище 3 и защитное покрытие 4 в виде сотового поликарбоната. На штуцеры в количестве 18 шт. крепились текстильные рукава 5 с внутренним покрытием из натурального латекса.

Диаметр рукавов составлял 22 мм. Теплоизолированный корпус теплообменного аппарата солнечного коллектора обладал следующими геометрическими размерами: 620×1420×75 мм.

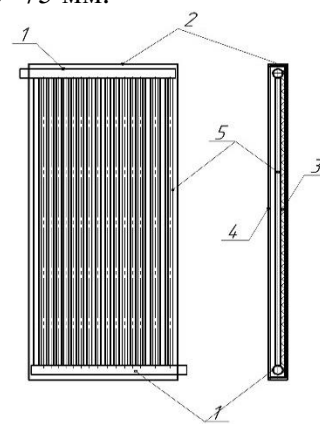


Рис. 1

В соответствии с теплотехнической характеристикой солнечного коллектора имеется, как известно, коэффициент, определяющий тепловые потери. По своим показателям его относят к эффективному коэффициенту нагреваемого теплоносителя в каналах аппарата и окружающей аппарат среды, то есть воздуха, соотношенного с активной поверхностью текстильной панели [1], [2].

Экспериментальные замеры коэффициента потерь осуществлялись в условиях лаборатории, то есть облучение исследуемой поглощающей текстильной панели отсутствовало. Измерения велись по двум независимым методикам – стационарной и нестационарной. Проведение опытов на данном теплообменнике, изготовленном из текстильных и полимерных материалов

$$F_R U_L = -\frac{g c_p (t'' - t')}{(t' - t_0)}; \quad F' U_L = -\frac{g c_p (t'' - t')}{[0,5(t'' + t') - t_0]}. \quad (1)$$

Здесь F_R и F' – коэффициент теплоотвода от панели аппарата и его поглощающая эффективность; t' , t'' – температуры теплоносителя при входе и выходе из распределяющих полипропиленовых каналов; U_L – полный коэффициент потерь; $g = G/F_K$ – удельный расход теплоносителя (G – расход, F_K – площадь теплообменной панели); t_0 – температура окружающей среды; c_p – теплоемкость используемого теплоносителя (воды).

В процессе проведения опытов были получены типичные зависимости изменения температур с течением времени при циркуляции через текстильную панель солнечного коллектора, которые приведены на рис. 2.

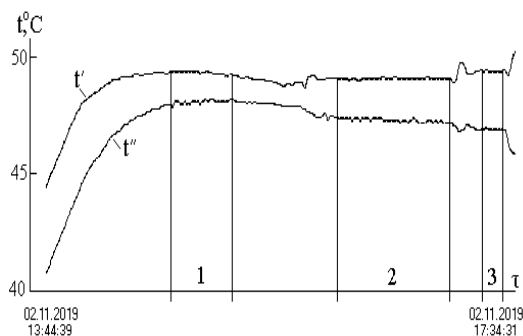


Рис. 2

[3...5], проводилось при режиме автономной работы системы, использовался термостат, представляющий собой электрический водонагреватель.

Рассмотрим стационарный метод, при котором осуществлялась циркуляция теплоносителя через контур теплообменной текстильной панели. Во время опыта были зарегистрированы следующие показатели: расход, температура при входе и выходе, а также окружающей среды, в которой находился аппарат. Данный метод дает возможность определения коэффициентов потерь приведенного вида, рассчитываемых через уравнения Уиллера и Уиллера-Хоттеля-Блисса [1]:

Данные, полученные в ходе опытов и обработанные при определении коэффициента потерь относительно различных удельных расходов теплоносителя, проходящего через панель теплообменного аппарата, выполненную из текстильных и полимерных материалов, приведены на рис. 3.

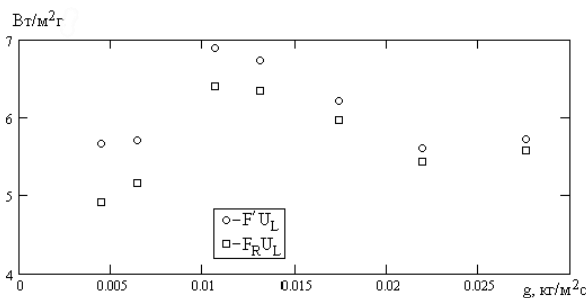


Рис. 3

По результатам опытов были определены средние значения приведенных коэффициентов потерь, которые составили $F' U_L = 6,00$ Вт/м²г и $F_R U_L = 5,64$ Вт/м²г; отклонение данных от среднего значения составляло не более 16%, а среднее квадратичное отклонение не превышало 3,5%.

В соответствии с данными, полученными при проведении опытов на трубчатом теплообменном аппарате, были определены расчетным путем параметры

$F'' = F_R / F'$ в зависимости от функции безразмерного расхода циркулирующего теплоносителя $g_{c_p} / F'U_L$, результаты расчетов показаны на рис. 4. Эффективность поглощающей текстильной панели F' при этом можно установить из отношения пары термических сопротивлений, таких как теплоноситель – окружающая среда и окружающая среда – стенка панели [1].

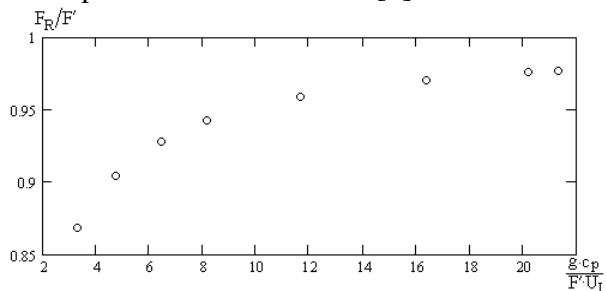


Рис. 4

По аналогии с эффективностью традиционных рекуперативных теплообменных аппаратов можно представить коэффициент отвода тепла F_R в форме, определяемой по отношению перепада теплового потока, установленного по факту к его максимальному значению [6], [7]. Так, максимальный поток тепловой энергии, направленный к теплоносителю в теплообменном солнечном аппарате, возможен при равенстве температуры теплоносителя [1] и его текстильной поглощающей панели, выступающей в роли абсорбера.

Вторым методом, рассматриваемым в работе, является нестационарный. Он основан на том, что через солнечный теплообменный аппарат, выполненный на основе текстильных и полимерных материалов (при отсутствии воздействия на поглощающую панель аппарата облучения), осуществляется принудительная циркуляция предварительно подогретого теплоносителя. По завершении циркулирования теплоносителя по системе осуществляется регистрация значений температуры при ее падении с течением времени и учет тепловых потерь в окружающую среду.

Регистрация температурных изменений велась с помощью пары хромель-копелевых датчиков, соединенных с контроллером марки ТРМ-138 фирмы Овен, и компьютером через адаптер АС-4 той же фирмы

по каналу связи RS-485. Типичные термограммы, показывающие охлаждение теплоносителя с течением времени, представлены в графической форме на рис. 5.

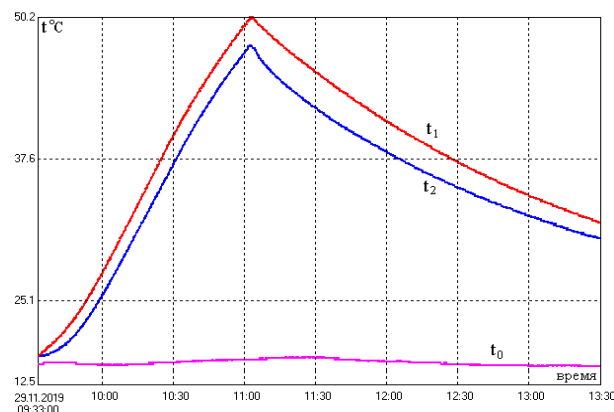


Рис. 5

Математическая модель охлаждения рассматриваемого нами теплоносителя в каналах теплообменной панели, выполненной из текстильных и полимерных материалов, представляет собой уравнение дифференциального теплового баланса, которое с учетом упрощений имеет вид:

$$M_{ж} c_p dt = -KF(t - t_0)dt = -KF\vartheta dt. \quad (2)$$

Здесь t , t_0 – температуры теплоносителя и окружающей среды; $M_{ж}$, c_p – масса и теплоемкость теплоносителя в теплообменной панели; F – расчетная площадь абсорбера; K – некоторый эффективный коэффициент теплопередачи.

Выполним интегрирование уравнения (2), которое приведет к следующему выражению:

$$\ln \vartheta = \ln \vartheta_n - \frac{KF}{M_{ж} c_p} \tau,$$

или

$$\ln \theta = -\frac{KF}{M_{ж} c_p} \tau = -m\tau, \quad (3)$$

где ϑ , ϑ_n – настоящее и изначальное значение избыточной температуры теплоносителя в абсорбере ($\vartheta = t - t_0$); $\theta = \vartheta / \vartheta_n$ – безразмерная температура, а m – темп охлаждения.

При условии, что режим охлаждения используемого теплоносителя будет относиться к регулярному, зависимость (3), записанная в полулогарифмических координатах, является линейной. Тогда темп охлаждения теплообменной панели можно рассчитать из следующего соотношения:

$$K = m \frac{M_{ж} c_p}{F},$$

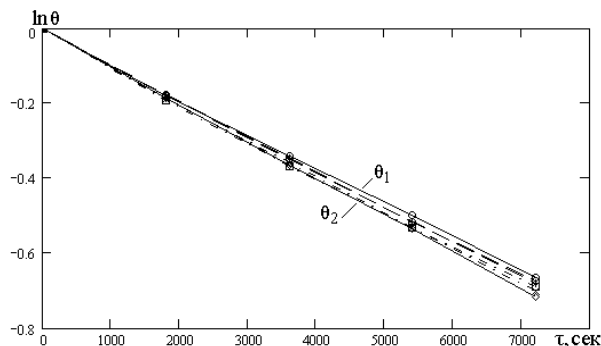


Рис. 6

и вычислить полный коэффициент ее потерь [8].

На рис. 6, 7 приведены некоторые серии данных, полученных по результатам проведенных опытов в координатах "ln θ – τ", которые описывают процесс охлаждения теплоносителя, находящегося в трубчатой теплообменной панели солнечного коллектора. Фиксация экспериментальных температур с течением времени велась в двух точках теплообменной панели при шаге в 30 мин.

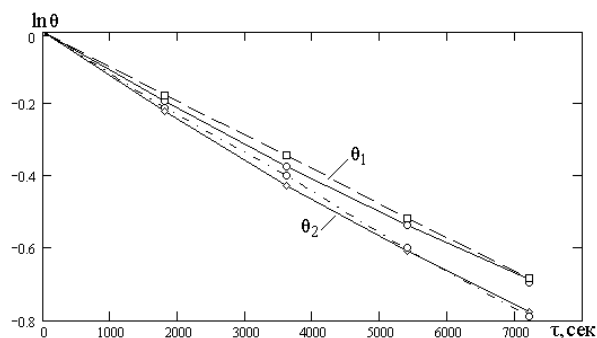


Рис. 7

В работе были выполнены две серии опытов при наклоне и три для ориентирования теплообменной панели в горизонтальном положении. Значения, определенные во время проведения опытов в лаборатор-

ных условиях, найденные по нестационарной методике для полных коэффициентов потерь на рассматриваемом аппарате, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Ориентация панели	Горизонтальная		Наклонная (45°)	
	1	2	1	2
Номер термопары				
Коэффициент потерь K, Вт/м ² Г	5,42	5,99	5,64	6,43
	5,74	5,87	5,60	6,49
	5,65	5,56	-	-

ВЫВОДЫ

В соответствии с приведенными графиками на рис. 6, 7, видно, что при горизонтальном расположении теплообменной панели безразмерные температуры отклонены меньше, чем при ее наклоне в 45°. Но при этом панель с углом в 45° обладает заметным расхождением точек, что обусловлено наличием естественной конвекции теплоносителя, распределяемого в каналах. Показания термопар, находящихся на входе и выходе из гидравлических каналов полипропиленовых труб коллектора, искажают

конвективные токи, что впоследствии сказывается на разбросе значений темпа охлаждения и коэффициентов потерь, найденных по данным, определенным во время проведения экспериментов.

Согласно табл. 1 результаты, полученные в ходе экспериментов, удовлетворительно согласуются с данными найденными по стационарной методике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, 2 Ed., J.Wiley & Sons. – USA, 1991. P.919.

2. Zhmakin L.I., Sharpar N.M. Simulation of heat transport in a solar air collector with porous absorber // Fibre Chemistry. – V. 49, № 5, 2018. P. 338...341.

3. Шарпар Н.М., Жмакин Л.И. Емкостные текстильные гелиоколлекторы для солнечного нагрева воды // Сб. научн. тр. кафедры промышленной теплоэнергетики. – М.: МГУДТ, 2016. С. 62...66.

4. Жмакин Л.И., Шарпар Н.М. Солнечные водонагреватели из текстильных материалов // В сб. научн. тр. VI Междунар. научн.-техн. симпозиума: Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ: Современные задачи инженерных наук. – 2017. С. 252...256.

5. Жмакин Л.И., Шарпар Н.М., Ефимов М.В., Пелевина Р.А., Одинова Т.С. Гелиоколлектор из полимерных материалов с текстильным абсорбером для систем теплоснабжения сезонных потребителей // Сб. научн. тр. Междунар. научн.-техн. симпозиума: Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина. Т. 1. – М.: РГУ имени А. Н. Косыгина, 2019. С.61...64.

6. Корнюхин И.П. Тепломассообмен в теплотехнике текстильного производства. – М., 2004. С.597.

7. Теория тепломассообмена / Под ред. А.И. Леонтьева, – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1997.

8. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим. – М.: ГИТТЛ, 1954.

2. Zhmakin L.I., Sharpar N.M. Simulation of heat transport in a solar air collector with porous absorber // Fibre Chemistry. – V. 49, № 5, 2018. P. 338...341.

3. Sharpar N.M., Zhmakin L.I. Emkostnye tekstil'nye geliokollektory dlya solnechnogo nagreva vody // Sb. nauchn. tr. kafedry promyshlennoy teploenergetiki. – М.: МГУДТ, 2016. С. 62...66.

4. Zhmakin L.I., Sharpar N.M. Solnechnye vodonagrevateli iz tekstil'nykh materialov // V sb. nauchn. tr. VI Mezhdunar. nauchn.-tekhn. simpoziuma: Sovremennye energo- i resursosberegayushchie tekhnologii SETT: Sovremennye zadachi inzhenernykh nauk. – 2017. S. 252...256.

5. Zhmakin L.I., Sharpar N.M., Efimov M.V., Pelevina R.A., Odintsova T.S. Geliokollektor iz polimernykh materialov s tekstil'nyim absorberom dlya sistem teplosnabzheniya sezonnykh potrebiteley // Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. simpoziuma: Vtorye mezhdunarodnye Kosyginские chteniya, priurochennye k 100-letiyu RGU imeni A. N. Kosygina. T.1. – М.: РГУ имени А. Н. Косыгина, 2019. С.61...64.

6. Korniyukhin I.P. Teplomassoobmen v teplo- tekhnike tekstil'nogo proizvodstva. – М., 2004. S.597.

7. Teoriya teplomassoobmena / Pod red. A.I. Leont'eva, – М.: Izd. MGTU im. N.E.Baumana, 1997.

8. Kondrat'ev G.M. Regul'yarnyy teplovoy rezhim. – М.: GITTL, 1954.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

REFERENCES

1. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, 2 Ed., J.Wiley & Sons. – USA, 1991. P.919.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_63

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ НА СВОЙСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

COMPARISON OF THE METHOD OF FLAME DISTRIBUTION EVALUATION ON THE PROPERTIES OF SPECIAL CLOTHING

Ю.С. ШУСТОВ, С.В. ПЛЕХАНОВА, Т.И. ШИТОВА, И.В. ЛЮКШИНОВА

YU.S. SHUSTOV, S.V. PLEKHANOVA, T.I. SHITOVA, I.V. LYUKSHINOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: shustov-yus@rguk.ru

В статье рассмотрены существующие методики исследований текстильных материалов для пошива специальной одежды. Методики были преобразованы в таблицу и сравнены между собой, а также был проведен эксперимент по поиску самой оптимальной методики.

The article discusses the existing research methods of textile materials for tailoring special clothing. The research methods were transformed into a table and compared with each other, and an experiment was conducted to find the most optimal research method.

Ключевые слова: специальная одежда, стандартизация, материаловедение, огнезащита.

Keywords: special clothing, standardization, materials science, fire protection.

В настоящее время существует ряд методик на ограниченное распространение пламени на одежде специальной для защиты от тепла и пламени (ГОСТ Р ИСО 15025) [1], есть общие технические требования для тканей, из которых впоследствии шьется одежда (ГОСТ 11209-2014) [2], а также есть метод определения теплопередачи при воздействии пламени (ГОСТ Р ИСО 9151-2007) [3], для определения свойств одежды.

Особенности приведенных методик представлены в табл. 1.

В статье приводится сравнение вышеуказанных методик с целью унифицировать и упростить процесс исследования огнезащитных свойств, а также выбор методики, отвечающей самым строгим требованиям. Для этих целей была разработана новая методика, объединяющая суть уже существующих.

Т а б л и ц а 1

ГОСТ	Критерий оценки огнестойкости	Размеры образцов	Сущность метода
ГОСТ Р ИСО 9151-2007 ССБТ	Воздействие пламени на образец продолжают до тех пор, пока не будет достигнут подъем температуры на $(24,0 \pm 0,2)$ °С. Ведут наблюдения и отмечают любые изменения во внешнем виде образца во время испытания, например, усадку, обгорание, обугливание, образование отверстий, тление, плавление или капание	Образцы размерами 140x140 мм вырезают из участков без дефектов, расположенных на расстоянии не менее 50 мм от кромки кусков материала	Сущность метода состоит в измерении времени, за которое температура на поверхности колориметра поднимется на $24 \pm 0,2$ °С от пламени горелки, тепловой поток которой равен 80 ± 4 Квт/м ²
ГОСТ 11209-2014 ССБТ	Отсутствие остаточного горения, тления, термической усадки, длин обугленного участка менее 10 см. Сохранение данных свойств после пятикратной мокрой обработки (стирки, химчистки)	Из точечной пробы материала вырезают пять элементарных проб размером 50x200 мм. Если отсутствуют специальные требования Заказчика, пробы вырезают в продольном направлении.	Верхний узкий конец элементарной пробы зажимают в пинцете и погружают нижним в пламя горелки на 20 мм на 30 с, затем вынимают и оценивают по критериям
ГОСТ 11209-2014 ССБТ	Отсутствие остаточного горения, тления, термической усадки, длина обугленного участка менее 10 см. Сохранение данных свойств после пятикратной мокрой обработки (стирки, химчистки)	Из точечной пробы материала вырезают пять элементарных проб размером 50x200 мм. Если отсутствуют специальные требования Заказчика, пробы вырезают в продольном направлении.	Верхний узкий конец элементарной пробы зажимают в пинцете и погружают нижним в пламя горелки на 20 мм на 30 с, затем вынимают и оценивают по критериям

Новая методика подразумевает испытания в специальной камере. Ее конструкция включает в себя установку образцов различных размеров, автоматическое положение горелки и настраиваемое реле времени. В качестве вспомогательного оборудова-

ния использовался пирометр (Кельвин компакт 1200), устройство для удержания образцов под необходимым углом, а также металлическая рамка размером 50x200 мм. Пирометр использовался для измерения температуры образца сразу после воздей-

ствия открытого пламени с фокусирующего расстояния (1,5 м). Образцы были испытаны после воздействия 10 и 30 с для того, чтобы теоретически сблизить различные методы. А также было проведено сравнение образцов различных размеров

(200±2 мм x 160±2 мм) по методу ГОСТ Р ИСО 15025 и (50±2 мм x 200±2 мм) по методу ГОСТ 11209 по заявленным выше показателям.

В качестве объектов исследования были выбраны 5 образцов тканей [5...10] (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

№	Образец	Состав	Поверхностная плотность	Переплетение	Производитель
1	Легион 240А	95% хлопок, 5% ПА, антистат. нить	260,5	Саржа 2/1	Торговый дом "Текстиль" (Россия)
2	Флайм Форт 210А	100% арамидная нить	225	Саржа	Чайковский текстиль (Россия)
3	Флайм Туфф 250АС	87% хлопок, 12% ПА, антистат. нить	264	Твил 2/1	Carrington (Великобритания)
4	Премьер FR350А	100% хлопок, антистат. нить	360	Атлас	Чайковский текстиль (Россия)
5	TenCate Tecasafe Plus	51% модактил, 43% лиоцел, 5% ПА, 1% антистат. нить	245,5	Твил 2/1	TenCate Protective (США)

В результате исследований были сравнены образцы после воздействия пламени через 10 и 30 с (согласно вышеуказанным стандартам) и длина поврежденного (обугленного) участка пламени [3], [4].

На рис. 1 приведено сравнение температур на поверхности рассматриваемых образцов в зависимости от метода и длительности воздействия.

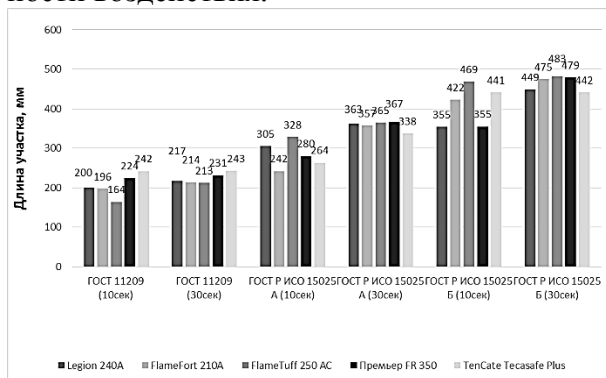


Рис. 1

Как видно, в зависимости от метода исследования по различным стандартам показатели температуры будут отличаться практически в два раза. Причем наименьшие показатели будут у ГОСТ 11209, а наибольшие у ГОСТ 15025.

Наиболее "горячий" образец по методике ГОСТ 11209 вне зависимости от дли-

тельности воздействия открытого пламени это TenCate Tecasafe Plus.

По методике ГОСТ Р ИСО 15025 метод А и метод Б образец Флайм Туфф 250АС вне зависимости от длительности воздействия открытого пламени.

Наибольшие температуры по методике ГОСТ Р ИСО 15025 метод Б (30 с) связаны с тем, как ориентирован образец относительно пламени, а также со временем воздействия открытого пламени. Эти выводы можно сделать, сравнивая результаты с аналогичной методикой в течение 10 с, а также с ГОСТ Р ИСО 15025 метод А (10 с и 30 с). В то же время увеличение длительности воздействия открытого пламени по методике ГОСТ 11209 не приводит к резкому увеличению значений температуры образцов. Из вышесказанного можно сделать вывод, если у производителя есть конкретные требования по огнезащитным свойствам в течение именно 30 с и более или конкретных требований нет вовсе, лучше исследовать образцы по методике ГОСТ Р ИСО 15025 метод Б (30 с), чтобы удостовериться в их соблюдении или установке новых.

На рис. 2 приведены значения длины поврежденного участка в зависимости от времени воздействия.

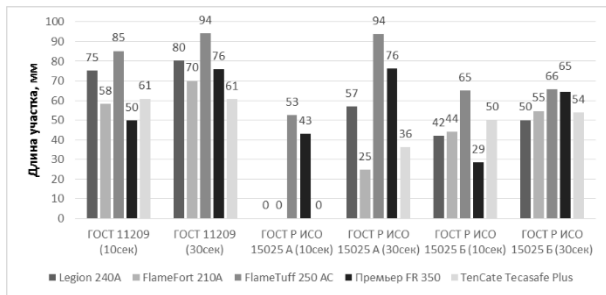


Рис. 2

Для рассматриваемых тканей длины поврежденных участков варьируются в широком диапазоне. Так, по ГОСТ 11209 для 10 с эти значения колеблются в интервале от 50 до 85 мм, а для 30 с от 61 до 94 мм. В то же время согласно ГОСТ 15025 А ряд тканей вообще не дает никаких показаний. Если относительно сравнения показателей температуры выдерживаемой материалами значения не имеют большого расхождения, то значения поврежденной длины в результате воздействия пламени очень сильно варьируются.

После проведения испытаний по новой методике были собраны данные, на сколько возрастает температура образцов в зависимости от времени воздействия пламени. Результаты обработки приведены на рис. 3.

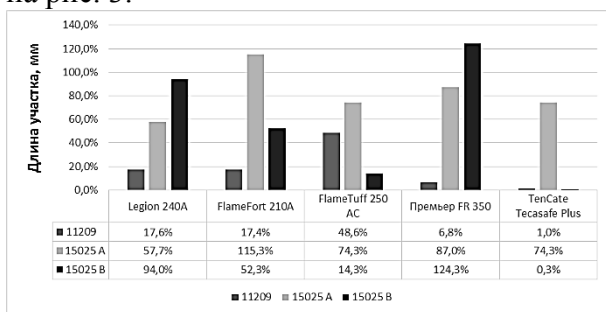


Рис. 3

Наименьший рост температур образцов наблюдается по методике ГОСТ 11209 с 6,8 до 17,6%, в зависимости от образца.

По методике ГОСТ 15025 наблюдается рост температур в пределах от 57,7% у образца Легион 240А до 115,3% у образца FlameFort 210А, такой разброс значений обуславливается различной плотностью и сырьевым составом образцов.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований рекомендуется использовать методику ГОСТ Р ИСО 15025 (Б) при воздействии пламени в течение 10 и 30 с, в зависимости от требований заказчика и специфики эксплуатации продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ ISO 15025. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от пламени. Метод испытания на ограниченное распространение пламени.
- ГОСТ 11209. Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний.
- ГОСТ Р ИСО 9151. ССБТ. Одежда для защиты от тепла и пламени. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени.
- Петухов А.Н., Иванов Н.А., Шустов Ю.С. Определение порогового времени при различной контактной температуре для тканей верха различного сырьевого состава // Сб. научн. тр., посвященный 75-летию кафедры материаловедения и товарной экспертизы. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2019. С. 61... 67
- Иванов Н.А., Шустов Ю.С. Определение порогового времени контактирования тканей специального назначения в условиях повышенной температуры // Сб. мат. Всероссийск. научн. конф.: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (Инновации-2020) посвященная Юбилейному году в ФГБОУ ВО "РГУ имени А.Н. Косыгина". – Ч. 2. – 2020. С. 9...14.
- Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Давыдов А.Ф., Журавлева Е.М. Исследование защитных свойств тканей для одежды сварщиков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 4. С. 103...107.
- Bulanov Y.I., Kurdenkova A.V., Shustov Y.S. Establishing correlation between cutting load and punching force taking account of impact of external factors // Fibre Chemistry. – V. 51, № 2, 2019. P. 135...138.
- Chernyshev M.V., Davydov A.F., Chernysheva G.M. Complex estimation of fabrics for sewing clothing for workers in oil refining plants // Fibre Chemistry. – V. 49, № 1, 2017. P. 67...69.
- Baida O.N., Davydov A.F. Prediction of the development of burns in a worker dressed in protective clothing in case of exposure to flare flame // Fibre Chemistry. – V. 51, № 4, 2019. P. 286...288.
- Чернышев М.В., Давыдов А.Ф., Чернышева Г.М. Оценка показателей качества для тканей при пошиве специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 1. С.32...35.

REFERENCES

1. GOST ISO 15025. Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Odezhda spetsial'naya dlya zashchity ot plameni. Metod ispytaniya na ogranichennoe rasprostranenie plameni.

2. GOST 11209. Tkani dlya spetsial'noy odezhdy. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy.

3. GOST R ISO 9151. SSBT. Odezhda dlya zashchity ot tepla i plameni. Metod opredeleniya teploperedachi pri vozdeystvii plameni.

4. Petukhov A.N., Ivanov N.A., Shustov Yu.S. Opredelenie porogovogo vremeni pri razlichnoy kontaktnoy temperature dlya tkaney verkha razlichnogo syr'evogo sostava // Sb. nauchn. tr., posvyashchennyy 75-letiyu kafedry materialovedeniya i tovarnoy ekspertizy. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2019. S.61... 67

5. Ivanov N.A., Shustov Yu.S. Opredelenie porogovogo vremeni kontaktirovaniya tkaney spetsial'nogo naznacheniya v usloviyakh povyshennoy temperatury // Sb. mat. Vserossiysk. nauchn. konf.: Innovatsionnoe razvitie tekhniki i tekhnologiy v promyshlennosti (Innovatsii-2020) posvyashchennaya Yubileynomu godu v FGBOU VO "RGU imeni A.N. Kosygina". – Ch. 2. – 2020. S. 9...14.

6. Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Davydov A.F., Zhuravleva E.M. Issledovanie zashchitnykh svoystv

tkaney dlya odezhdy svarshchikov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 4. S. 103...107.

7. Bulanov Y.I., Kurdenkova A.V., Shustov Y.S. Establishing correlation between cutting load and punching force taking account of impact of external factors // Fibre Chemistry. – V. 51, № 2, 2019. P. 135...138.

8. Chernyshev M.V., Davydov A.F., Chernysheva G.M. Complex estimation of fabrics for sewing clothing for workers in oil refining plants // Fibre Chemistry. – V. 49, № 1, 2017. P. 67...69.

9. Baida O.N., Davydov A.F. Prediction of the development of burns in a worker dressed in protective clothing in case of exposure to flare flame // Fibre Chemistry. – V. 51, № 4, 2019. P. 286...288.

10. Chernyshev M.V., Davydov A.F., Chernysheva G.M. Otsenka pokazateley kachestva dlya tkaney pri poshive spetsial'noy odezhdy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 1. S.32...35.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

УДК 667.01

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_67

ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА МЕБЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ ПОСЛЕ ИЗНОСА ОТ ИСТИРАНИЯ

EVALUATION OF THE QUALITY LEVEL OF FURNITURE FABRICS AFTER WEAR FROM ABRASION

Я.И. БУЛАНОВ, А.В. КУРДЕНКОВА, М.М. БОНДАРЧУК, Е.В. ГРЯЗНОВА

YA.I. BULANOV, A.V. KURDENKOVA, M.M. BONDARCHUK, E.V. GRYAZNOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: kurdenkova-av@rguk.ru

В работе рассмотрено влияние истирающих воздействий на изменение физико-механических свойств мебельных тканей для установления уровня их качества. Расчет проводился с учетом весомости показателей. Была предложена методика установления границ градаций качества, позволяющая распределить образцы по различным уровням.

The paper considers the influence of abrasive effects on the change in the physical and mechanical properties of furniture fabrics to establish the level of their quality. The calculation was carried out taking into account the importance of the indicators. A technique for establishing the boundaries of quality gradations was proposed, which allows the samples to be distributed at different levels.

Ключевые слова: мебельные ткани, оценка качества, физико-механические свойства, износ от истирания.

Keywords: furniture fabrics, quality assessment, physical and mechanical properties, wear from abrasion.

Мягкая мебель – это один из тех товаров, который приобретается потребителем на длительный период, а значит его обивка должна прослужить длительный срок, и, конечно, потребитель хочет быть уверенным в правильности своего выбора. Это говорит о том, что повышение качества и регулярное обновление ассортимента необходимо для поддержания производства на российском рынке.

Выбор мягкой мебели определяется функциональными и эстетическими свойствами. При правильном подборе обивочной ткани должны учитываться ее эксплуатационные характеристики, немаловажным является художественно-колористиче-

ское оформление обивки и ее стоимость, а сырьевой состав, переплетение и технология производства материала гарантируют долгий срок службы.

С целью установления качества мебельных тканей были выбраны образцы тканей, которые предназначены для обивки мягкой мебели бытового использования.

Для исследования изменения физико-механических свойств тканей мебельного назначения [1...4] были отобраны 5 образцов различных артикулов, представленные в табл. 1.

Результаты расчета структурных характеристик приведены в табл. 2

Т а б л и ц а 1

№	Артикул ткани	Состав, %	Страна - производитель
1	Orion ray A	59% акрил, 41% полиэстер	Турция
2	Orion plane 1	30% х/б, 48% ПЭ, 22% акрил	Турция
3	Orion ray B	64% акрил, 36% полиэстер	Турция
4	Orion plane 2	24% х/б, 30% ПЭ, 46% акрил	Турция
5	Orion ray C	52% акрил, 48% полиэстер	Турция

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Поверхностная плотность ткани M_1 , г/м ²	492	465	398	501	464
Линейная плотность нитей основы T_o , текс	134,7 26,8	243,7 12,4	154,7	56,7 87,0	76,0
Линейная плотность нитей утка T_y , текс	26,2	22,4	20,6	28,7	29,0
Число нитей основы на 100 мм ткани P_o	302	378	355	298	342
Число нитей утка на 100 мм ткани P_y	720	698	675	648	701
Толщина ткани b , мм	1,67	1,54	1,76	1,33	1,57

Для мебельных тканей главными фактором износа является истирание.

Стойкость к истиранию до образования дыры на тканях устанавливается числом циклов на истирание. Испытания проводились на приборе ДИТ-М.

За показатель стойкости ткани к истиранию по плоскости принимают среднее арифметическое результатов испытания всех отобранных от партии точечных проб.

В табл. 3 представлены результаты определения стойкости к истиранию мебельных тканей (циклы).

Т а б л и ц а 3

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Фактическое значение	11741	9454	12850	8320	9820
Норма ГОСТ 24220	5500	5500	4500	7500	5500

Наибольшую стойкость к истиранию имеет образец 3, выработанный с наибольшей толщиной. Наименьшее значение показателя имеет образец 4 с наименьшей толщиной.

В ГОСТ 24220 "Ткани мебельные. Общие технические условия" нормы стойкости к истиранию приведены в зависимости от поверхностной плотности тканей. Все ткани соответствуют нормам.

В процессе использования мягкой мебели происходит постепенное изнашивание тканей. В связи с этим было проведено исследование изменения физико-механических свойств после стирающих воздействий.

Для оценки уровня качества мебельных тканей до и после стирающих воздействий были выбраны такие показатели, как толщина, разрывная и раздирающая нагрузка, водопоглощение и воздухопроницаемость.

В лабораторных условиях изнашивание проводили на приборе Weartester при нагрузке 1,0 кг. Истирание проводилось с помощью серошинельного сукна. После изнашивания определялись физико-механические показатели мебельных тканей.

При помощи толщиномера проводилось измерение толщины образцов после истирания.

Для определения прочности подготавливались образцы в соответствии с ГОСТ 3813 "Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяже-

нии". Испытания проводились на разрывной машине Инстрон 4411.

В процессе использования раздирание мебельных тканей может произойти из-за механических воздействий металлической фурнитуры одежды.

Раздирающая нагрузка определялась в соответствии с ГОСТ 3813 на разрывной машине Инстрон 4411.

На каждой из вырезанных проб был выполнен надрез длиной 120 мм.

Для мебельных тканей показатель водопоглощения является важным, так как в процессе использования на мебель может попадать жидкость.

Метод испытания представлен в ГОСТ 3816 "Ткани текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств".

Воздухопроницаемость – это показатель, который зависит от толщины ткани, плотности и переплетения нитей. Показатель является важным, так как при давлении на материал при отсутствии воздухопроницаемости воздух будет выходить наружу через швы, что приведет к разрушению.

Воздухопроницаемость тканей определяют по ГОСТ 12088-77 "Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости".

Для определения воздухопроницаемости был применен прибор ВПТМ-2.

Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
До стирающих воздействий					
Толщина, мм	1,67	1,54	1,76	1,33	1,57
Разрывная нагрузка по основе, Н	3161	2788	2287	2976	3003
Разрывная нагрузка по утку, Н	2864	2665	2164	2875	2897
Раздирающая нагрузка по основе, Н	346	275	195	255	300
Раздирающая нагрузка по утку, Н	285	274	132	249	255
Водопоглощение, %	72	89	75	83	77
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	189	184	287	254	305

После 18000 циклов истирающих воздействий					
Толщина, мм	1,65	1,46	1,74	1,29	1,51
Разрывная нагрузка по основе, Н	3000	2612	2250	2914	2850
Разрывная нагрузка по утку, Н	2823	2576	1930	2819	2481
Раздирающая нагрузка по основе, Н	323	271	177	248	266
Раздирающая нагрузка по утку, Н	238	265	110	225	244
Водопоглощение, %	75	97	79	86	82
Воздухопроницаемость, дм ³ /(м ² ·с)	223	201	308	297	348

После истирающих воздействий толщина тканей уменьшилась. Наибольшее изменение наблюдается у образца 2.

Наибольшей разрывной нагрузкой обладает образец 1, выработанный с наибольшей поверхностной плотностью. Наименьшую прочность имеет образец 3, выработанный с наименьшей поверхностной плотностью. С увеличением количества циклов истирания разрывная нагрузка снижается.

В соответствии с ГОСТ 24220 "Ткани мебельные. Общие технические условия" разрывная нагрузка по основе и утку составляет 392 Н. Все ткани соответствуют норме.

Можно сделать вывод, что показатели раздирающей нагрузки у образцов по основе больше, чем по утку. Наибольшее значение наблюдается у образца 1, наименьшее – у образца 3. После износа от истирания происходит снижение раздирающей нагрузки.

В ГОСТ 24220 норма раздирающей нагрузки не представлена.

Образец 2 обладает наибольшим водопоглощением, так как в его составе присут-

ствует хлопок. Ткани, содержащие синтетические нити, также удерживают воду за счет ворсистых нитей синель (шенилл).

В ГОСТ 24220 норма не представлена.

Наибольшую величину воздухопроницаемости имеет образец 5, а наименьшую – образец 2. Данный показатель зависит от структурных характеристик исследуемых образцов. После износа от истирания воздухопроницаемость увеличивается, так как уменьшается толщина тканей.

В ГОСТ 24220 норма не представлена.

Для определения уровня качества мебельных тканей до и после истирающих воздействий исследуемые показатели качества были переведены в безразмерные путем деления фактического значения на базовое [5...10], за которое принималось наименьшее значение показателя, так как все показатели являются позитивными (табл. 5).

Для оценки весомости показателей качества был произведен расчет в долях от 1 (табл. 6).

Таблица 5

Наименование показателей качества	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Относительные показатели					
Толщина	1,26	1,16	1,32	1,00	1,18
Разрывная нагрузка по основе	1,38	1,22	1,00	1,30	1,31
Разрывная нагрузка по утку	1,32	1,23	1,00	1,33	1,34
Раздирающая нагрузка по основе	1,77	1,41	1,00	1,31	1,54
Раздирающая нагрузка по утку	2,16	2,08	1,00	1,89	1,93
Водопоглощение	1,00	1,24	1,04	1,15	1,07
Воздухопроницаемость	1,03	1,00	1,56	1,38	1,66
Весомость показателей					
Толщина	1,28	1,13	1,35	1,00	1,17
Разрывная нагрузка по основе	1,33	1,16	1,00	1,30	1,27
Разрывная нагрузка по утку	1,46	1,33	1,00	1,46	1,29
Раздирающая нагрузка по основе	1,82	1,53	1,00	1,40	1,50
Раздирающая нагрузка по утку	2,16	2,41	1,00	2,05	2,22
Водопоглощение	1,00	1,29	1,05	1,15	1,09

Т а б л и ц а 6

Наименование показателей качества	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
До истирающих воздействий					
Толщина	0,13	0,12	0,17	0,11	0,12
Разрывная нагрузка по основе	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13
Разрывная нагрузка по утку	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13
Раздирающая нагрузка по основе	0,18	0,15	0,13	0,14	0,15
Раздирающая нагрузка по утку	0,22	0,22	0,13	0,20	0,19
Водопоглощение	0,10	0,13	0,13	0,12	0,11
Воздухопроницаемость	0,10	0,11	0,20	0,15	0,17
После 18000 циклов истирающих воздействий					
Толщина	0,13	0,11	0,17	0,10	0,11
Разрывная нагрузка по основе	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12
Разрывная нагрузка по утку	0,14	0,13	0,13	0,15	0,13
Раздирающая нагрузка по основе	0,18	0,15	0,13	0,14	0,15
Раздирающая нагрузка по утку	0,21	0,24	0,13	0,21	0,22
Водопоглощение	0,10	0,13	0,13	0,12	0,11

Расчет уровня качества образца осуществляли по формуле, учитывающей сумму площадей секторов круговой диаграммы, в виде которой можно представить весомость показателей качества:

$$Q = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i r_i},$$

где n – число относительных показателей качества; α_i – коэффициент весомости; r_i – значение i -го показателя.

В табл. 7 приведены результаты расчета уровня качества мебельных тканей.

Т а б л и ц а 7

Количество циклов истирания	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
0	1,23	1,19	1,08	1,18	1,22
18000	1,25	1,24	1,08	1,20	1,25

В табл. 8 приведены данные распределения уровня качества по градациям. Для этого введем интервал градаций качества, равный размаху варьирования уровней качества, разделенному на количество града-

ций качества. Таким образом, за нижнюю границу принимаем минимальное значение уровня качества, а за верхнюю – минимальное значение, просуммированное с интервалом границы качества.

Т а б л и ц а 8

Градация качества	Баллы	Границы уровней качества	Образцы
До истирающих воздействий			
"Отлично"	5	1,20-1,24	1, 5
"Хорошо"	4	1,19-1,16	2, 3, 4
"Удовлетворительно"	3	1,12-1,15	-
"Плохо"	2	1,08-1,11	2
После 18000 циклов истирающих воздействий			
"Отлично"	5	1,21-1,25	1, 5
"Хорошо"	4	1,17-1,20	2, 3, 4
"Удовлетворительно"	3	1,13-1,16	-
"Плохо"	2	1,08-1,12	3

По результатам расчета уровней качества мебельных тканей установлено, что качество образцов 1 и 5 до и после 18000 цик-

лов истирающих воздействий не изменилось. Они имеют градацию "Отлично", соответствующую 5 баллам. Градацию "Хо-

рошо" имеют образцы 2, 3, 4. Образец 3 имеет градацию "Плохо" до и после истирающих воздействий. Его качество является неудовлетворительным.

ВЫВОДЫ

Таким образом, образцы 1, 4, 5 с градацией "Отлично" можно рекомендовать для обивки мебели, в то время как образцы 2, 3, 4 нуждаются в доработке, образец 3 не рекомендуется к использованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М., Давыдов А.Ф. и др. Текстильное материаловедение. – М.: Инфра-М, 2016.
2. Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Белкина С.Б. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014.
3. Шустов Ю.С., Давыдов А.Ф. Экспертиза текстильных материалов. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2017.
4. Шустов Ю.С., Давыдов А.Ф., Плеханова С.В. Экспертиза текстильных полотен. – М.: МГУДТ, 2016.
5. Polyakov A.E., Ivanov M.S., Ryzhkova E.A., Filimonova E.M. Statement of the task of studying multidimensional dynamic objects with complex deformation zones of fibrous materials // Fibre Chemistry. – V. 53, 2021. P.50...53.
6. Bizyuk A.N., Yasinskaya N.N. Development of a method for the experimental study of the capillary-porous structure of yarn filaments // Fibre Chemistry. – V.52, 2021. P.435...438.
7. Nazarov V.G., Dedov A.V., Chernousova N.V. Air permeability of treated fibrous materials with bicomponent fibers // Fibre Chemistry. – V. 52, 2021. P.426...429.
8. Pereborova N.V., Makarov A.G., Kiselev S.V., Egorov I.M. Computer prediction of functional and operational properties of polymer textile materials used for engineering purposes // Fibre Chemistry. – V. 52, 2020. P.251...252.
9. Новиков А.Н., Фирсов А.В., Шустов Ю.С. Информационная система прогнозирования и визуализации старения текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С. 272...275.

10. Бессапошникова В.И., Липатова Л.А., Шустов Ю.С. Прогнозирование формовочной способности двухслойных тканых полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 1. С. 39...43.

REFERENCES

1. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M., Davydov A.F. i dr. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: Infra-M, 2016.
2. Davydov A.F. Shustov Yu.S. Kurdenkova A.V. Belkina S.B. Tekhnicheskaya ekspertiza produktsii tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – M.: Forum: NITs INFRA-M, 2014.
3. Shustov Yu.S., Davydov A.F. Ekspertiza tekstil'nykh materialov. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2017.
4. Shustov Yu.S., Davydov A.F., Plekhanova S.V. Ekspertiza tekstil'nykh poloten. – M.: MGUDT, 2016.
5. Polyakov A.E., Ivanov M.S., Ryzhkova E.A., Filimonova E.M. Statement of the task of studying multidimensional dynamic objects with complex deformation zones of fibrous materials // Fibre Chemistry. – V. 53, 2021. P.50...53.
6. Bizyuk A.N., Yasinskaya N.N. Development of a method for the experimental study of the capillary-porous structure of yarn filaments // Fibre Chemistry. – V.52, 2021. P.435...438.
7. Nazarov V.G., Dedov A.V., Chernousova N.V. Air permeability of treated fibrous materials with bicomponent fibers // Fibre Chemistry. – V. 52, 2021. P.426...429.
8. Pereborova N.V., Makarov A.G., Kiselev S.V., Egorov I.M. Computer prediction of functional and operational properties of polymer textile materials used for engineering purposes // Fibre Chemistry. – V. 52, 2020. P.251...252.
9. Novikov A.N., Firsov A.V., Shustov Yu.S. Informatsionnaya sistema prognozirovaniya i vizualizatsii stareniya tekstil'nykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 3. S. 272...275.
10. Besshaposhnikova V.I., Lipatova L.A., Shustov Yu.S. Prognozirovanie formovochnoy sposobnosti dvukhsloynnykh tkanykh poloten // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 1. S. 39...43.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕДИЦИНСКИХ ЭЛАСТИЧНЫХ КОМПРЕССИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF MEDICAL ELASTIC COMPRESSION PRODUCTS

C.B. ПЛЕХАНОВА, Ю.А. СТРОГАНОВА, Н.А. ВИНОГРАДОВА

S.V. PLEKHANOVA, YU.A. STROGANOVA, N.A. VINOGRADOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU))

E-mail: Liza-xumuk1@yandex.ru

В последнее время в связи с распространенностью варикозной болезни все более актуальными являются медицинские компрессионные трикотажные изделия, нормализующие кровообращение и способствующие восстановлению после перенесенного оперативного лечения. Требования, предъявляемые к этим изделиям, регламентируются нормативной документацией. В ГОСТ Р 58236-2020 определены показания для применения различных классов компресии медицинских эластичных чулочно-носочных изделий и нормированы показатели качества. Анализ результатов по исследованию свойств чулочно-носочных компрессионных изделий медицинского назначения установил соответствие по всем показателям нормам стандарта. В работе проведено исследование зависимости деформационных и прочностных характеристик чулочно-носочных изделий медицинского назначения от волокнистого состава. Помимо соответствия требованиям нормативной документации медицинские эластичные компрессионные чулочно-носочные изделия должны отвечать запросам потребителей с учетом комфортности при эксплуатации. Дополнительно проведено изучение сохранения свойств чулочно-носочных изделий медицинского назначения по истечении гарантийного срока.

Recently, due to the prevalence of varicose veins, medical compression jerseys that normalize blood circulation and promote recovery after surgical treatment have become increasingly relevant. The requirements for these products are regulated by regulatory documentation. In GOST R 58236-2020, indications for the use of various compression classes of medical elastic hosiery products are defined and quality indicators are normalized. The analysis of the results of the study of the properties of hosiery compression products for medical purposes has established compliance in all indicators with the norms of the standard. The study of the dependence of the deformation and strength characteristics of medical hosiery products on the fibrous composition is carried out. In addition to meeting the requirements of regulatory documentation, medical elastic compression hosiery products must meet the needs of consumers, taking into account comfort during operation. Additionally, the study of the preservation of the properties of medical hosiery products after the expiration of the warranty period was carried out.

Ключевые слова: медицинские эластичные компрессионные изделия, чулочно-носочные изделия, требования, показатели качества, свойство, класс компрессии, образец, нормы.

Keywords: medical elastic compression products, hosiery, requirements, quality indicators, property, compression class, sample, norms.

Варикозная болезнь нижних конечностей или варикозное расширение вен нижних конечностей – это самое распространенное заболевание периферических сосудов. Согласно эпидемиологическим данным различные формы этого заболевания встречаются у 26...28% женщин и 10...20% мужчин трудоспособного возраста. Эксперты всемирной организации здравоохранения установили, что на сегодняшний день варикоз можно диагностировать каждому пятому человеку в мире, возраст которого старше 25 лет.

В связи с большой распространенностью болезней вен чрезвычайно важны лечение и профилактика этих заболеваний. Одно из основных требований к пациенту при варикозе – носить компрессионный трикотаж. Он помогает нормализовать кровообращение, а после проведенного лечения (например, склеротерапии), – лучше восстановиться [1].

Учитывая значимость медицинских эластичных компрессионных изделий в обес-

печении хороших результатов в лечении и профилактике варикоза, к ним предъявляются повышенные требования [2], [3]. Показатели качества медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий, по которым проводится оценка качества на соответствие требованиям стандарта, регламентированы ГОСТ Р 58236-2020 "Изделия медицинские эластичные компрессионные. Общие технические требования. Методы испытаний".

Цель работы – исследование физико-механических свойств медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий.

В работе в качестве объектов исследования были выбраны компрессионные чулочно-носочные изделия медицинского назначения II класса компрессии различного сырьевого состава (разный процент полиамидных и эластановых нитей) разных производителей (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Образец	Марка	Страна-производитель	Сырьевой состав	Вид переплетения	Поверхностная плотность, г/м ²
1	"Relaxsan"	Италия	76% полиамид, 24% эластан	Кулирная гладь	252
2	"Venoteks"	Германия	75% нейлон, 25% эластан	Кулирная гладь	239
3	"Maxis"	Чешская республика	72% полиамид, 28% эластан	Кулирная гладь	248
4	"MEDI"	Германия	61% полиамид, 39% эластан	Кулирная гладь	241
5	"Sigvaris"	Швейцария	59% полиамид, 41% эластан	Кулирная гладь	234

Компрессионные чулки – медицинские изделия из полиамида и лайкры длиной до бедра, с классифицируемой компрессией на нижние конечности, то есть давлением, оказываемым медицинским эластичным изделием на органы и ткани человека. Чу-

лочно-носочные изделия медицинские эластичные компрессионные II класса компрессии в соответствии с ГОСТ Р 58236-2020 используют для лечения венозных тромбозомболических осложнений в до- и послеоперационном периоде при проведе-

нии оперативного воздействия на внутренние органы человека; для профилактики и лечения болезней вен клинических классов по СЕАР С1-С6; для профилактики и лечения посттромботической болезни, лимфедемы и для профилактики послеоперационных осложнений после склеротерапии и флебэктомии [2].

В соответствии с ГОСТ Р 58236–2020 исследование свойств чулочно-носочных изделий медицинского назначения в работе проводилось по следующим показателям: растяжимость, рабочая растяжимость, разрывная нагрузка, класс компрессии и подтверждение обеспечения распределенного давления, изменение линейных размеров после стирки (усадка), остаточная деформация. По показателям: растяжимость, рабочая растяжимость, разрывная нагрузка, остаточная деформация при растяжении предусмотрено определение значений до и

после стирки [2]. Испытания проводились по стандартным методикам [4...6].

Компрессионные чулки медицинского назначения максимальное давление (100%) оказывают на ноги в области щиколоток, от 60 до 70% – на середине голени и от 30 до 40% – на середине бедра. По мере продвижения к бедру давление падает до 30...40%. Для подтверждения обеспечения распределенного давления данное процентное соотношение должно быть соблюдено [2]. При исследовании показателей необходимо измерять значение каждого из них в трех местах: область щиколотки (а), середина голени (b) и в области середины бедра (с).

Результаты исследования показателей качества медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя	Расположение	Результаты испытаний образцов					Нормируемое значение
		1	2	3	4	5	
Растяжимость, %	с	230	236	239	256	258	не менее 80
	b	271	275	279	296	297	
	a	282	286	292	311	315	
Растяжимость после стирки, %	с	232	232	237	254	260	не менее 80
	b	275	272	276	296	297	
	a	285	288	292	310	320	
Рабочая растяжимость, %	с	56	59	60	74	75	не менее 30
	b	54	56	57	70	70	
	a	46	48	48	60	62	
Рабочая растяжимость после стирки, %	с	56	57	59	74	74	не менее 30
	b	54	56	55	69	70	
	a	46	48	46	60	61	
Разрывная нагрузка, Н	с	97	99	105	123	126	не менее 88,2
	b	120	125	128	149	154	
	a	133	138	139	152	158	
Разрывная нагрузка после стирки, Н	с	97	99	103	122	124	не менее 88,2
	b	117	124	126	149	153	
	a	131	137	139	150	158	
Изменение линейных размеров после стирки (усадка), %	с	1	1	0	0	0	не более 20
	b	1	0	0	0	0	
	a	1	0	0	0	0	
Остаточная деформация при растяжении, %	с	0	0	0	0	0	не более 10
	b	0	0	0	0	0	
	a	0	0	0	0	0	
Остаточная деформация при растяжении после стирки, %	с	1	1	1	0	0	не более 10
	b	0	0	0	0	0	
	a	0	0	0	0	0	
Класс компрессии*, подтверждение обеспечения распределенного давления, мм рт. ст.	с	12	12	13	12	12	от 22 до 32
	b	20	21	19	22	21	
	a	31	31	31	32	32	

П р и м е ч а н и е. *Класс компрессии соответствует второму классу компрессии у всех испытуемых образцов.

Анализ результатов по исследованию свойств чулочно-носочных компрессионных изделий установил, что исследуемые образцы по показателям качества: растяжимость и рабочая растяжимость до и после стирки, разрывная нагрузка до и после стирки, изменение линейных размеров после стирки (усадка), остаточная деформация при растяжении до и после стирки, класс компрессии и подтверждение обеспечения распределенного давления соответствуют нормам ГОСТ Р 58236–2020.

Анализируя значения показателей растяжимость, рабочая растяжимость, разрывная нагрузка и остаточная деформация, можно отметить, что численные значения после стирки практически не изменились. В целом отмечается незначительное изменение значений в пределах ошибки измерения [7].

По результатам исследований отмечается улучшение деформационных и прочностных характеристик чулочно-носочных изделий медицинского назначения с увеличением процента эластановых нитей. Растяжимость увеличивается в 1,10...1,12 раз, рабочая растяжимость – в 1,30...1,35 раз, разрывная нагрузка – в 1,20...1,30 раз при увеличении процента вложения нитей эластана с 24 до 41%.

При проведении испытаний по определению остаточной деформации при растяжении можно отметить, что после снятия воздействия нагрузки на образцы деформация полностью исчезает. В образцах присутствует обратимая деформация. Остаточная деформация при растяжении после стирки (1%) наблюдается у образцов 1, 2 и 3 в области бедер. Это можно объяснить тем, что в их составе больше полиамидных нитей (76, 75 и 72% соответственно) и меньше процент эластана (24, 25 и 28% соответственно).

По данным табл. 2 можно увидеть, что при проведении испытаний по определению класса компрессии и подтверждению обеспечения распределенного давления на всех исследуемых образцах обеспечивается обязательное процентное соотношение распределенного давления по всей длине изделий, на всех контролируемых участках.

Значения давления, оказываемого на всех участках, соответствуют второму классу компрессии, как и заявлено изготовителями.

Исходя из анализа полученных результатов исследования физико-механических свойств медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий, можно предположить, что наиболее эффективными при эксплуатации и наиболее долговечными при сохранении своих лечебных свойств являются изделия, в которых более высокий процент содержания эластомерных нитей [8]. Однако надо принимать в расчет и требования потребителей, и, в первую очередь, показатели комфортности использования изделий [9]. Покупатели отмечали следующие недостатки трикотажных чулочно-носочных изделий, содержащих большой процент эластановых нитей: трудности при надевании и некомфортные ощущения при использовании в теплое время года.

Проведенный анализ говорит о том, что надо находить оптимальное соотношение полиамидных и эластановых нитей при производстве чулочно-носочных изделий, что обеспечит максимальный лечебный эффект, который сохранился бы как можно дольше, и комфорт для потребителя при эксплуатации этих изделий.

Для продукции медицинского назначения, помимо соответствия нормам стандарта нового изделия, важным является вопрос сохранения свойств в процессе эксплуатации для оказания лечебного воздействия. Это особенно актуально, учитывая стоимость чулочно-носочных изделий медицинского назначения. Исходя из экономических соображений, потребитель старается использовать данные изделия как можно дольше, часто после истечения гарантийного срока, который дает производитель, при этом либо не задумываясь, либо веря, что должный эффект лечения продолжится [9].

В работе было проведено дополнительное исследование свойств медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий, эксплуатируемых сверх

установленного гарантийного срока сохранения компрессионных свойств.

В качестве объектов исследования были выбраны компрессионные чулочно-носочные изделия медицинского назначения II класса компрессии марки "MEDI" (Германия) разных сроков эксплуатации: новое изделие (не подвергшееся эксплуатации), изделия со сроком использования 6 месяцев, 8 месяцев, 1 год, 2 года. Производитель чулочно-носочных изделий марки "MEDI" установил гарантийный срок сохранения компрессионных свойств при ежедневном использовании и соблюдении рекомендаций – 6 месяцев. Исследование проводилось по стандартным показателям качества.

Значения показателей качества: растяжимость, поверхностная плотность, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, остаточная деформация при растяжении всех исследуемых образцов чулочно-носочных изделий медицинского назначения несколько ухудшились по сравнению с новым изделием, однако даже после использования изделий сверх рекомендованного производителем гарантийного срока они соответствуют нормам ГОСТ Р 58236.

Показатели рабочей растяжимости после 6 месяцев использования чулочно-носочных изделий не удовлетворяют требованиям стандарта.

Результаты исследования класса компрессии и подтверждения обеспечения распределенного давления установили, что обязательные процентные соотношения давления на контролируемые участки соблюдены только для новых медицинских эластичных компрессионных чулок. Начиная с 6 месяцев эксплуатации, рекомендуемые стандартом пропорции распределения давления не соблюдаются.

Анализируя результаты исследования кинетики изнашивания медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий, можно сделать вывод, что использовать эти изделия сверх гарантийного срока сохранения компрессионных свойств, установленного производителем, неэффективно с точки зрения лечебного воздействия.

ВЫВОДЫ

По результатам исследований отмечается улучшение деформационных и прочностных характеристик чулочно-носочных изделий медицинского назначения с увеличением процента эластических нитей.

Использование медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий сверх гарантийного срока сохранения компрессионных свойств, установленного производителем, неэффективно с точки зрения лечебного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плеханова С.В., Виноградова Н.А., Строганова Ю.А. Анализ и гармонизация требований нормативной документации к медицинским эластичным компрессионным изделиям из химических волокон и нитей // International Journal of medicine and psychology. – 2021, Том 4, №1. С. 142...147.
2. RAL-GZ 387/1 Medical Compression Hosiery. Quality Assurance.
3. Маринкина М.А., Зимица М.В., Чагина Л.Л., Богатырева М.С., Смирнова Н.А., Проталинский С.Е. Разработка метода и устройства для определения давления компрессионных трикотажных изделий на тело человека // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, №3. С.60...67.
4. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. – М.: КолосС, 2011.
5. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М., Давыдов А.Ф. и др. Текстильное материаловедение. – М.: ИНФРА-М, 2021.
6. Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю. Материаловедение: традиции, достижения, перспективы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №4. С. 31...36.
7. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Экспертные методы при оценке качества тканей // Дизайн и технологии. – 2019, № 71 (113). С. 63...70.
8. Виноградова Н.А. Кинетика изнашивания тканей специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 3. С.61...64.
9. Виноградова Н.А., Плеханова С.В., Плеханов А.Ф. Повышение уровня качества формализации медицинских изделий // Перспективы науки. – Тамбов, 2020, №9 (132). С. 36...39.

REFERENCES

1. Plekhanova S.V., Vinogradova N.A., Stroganova Yu.A. Analiz i garmonizatsiya trebovaniy normativnoy dokumentatsii k meditsinskim elastichnym kompressionnym izdeliyam iz khimicheskikh volokon i nitey // International Journal of medicine and psychology. – 2021, Tom 4, №1. С. 142...147.

2. RAL-GZ 387/1 Medical Compression Hosiery. Quality Assurance.

3. Marinkina M.A., Zimina M.V., Chagina L.L., Bogatyreva M.S., Smirnova N.A., Protalinskiy S.E. Razrabotka metoda i ustroystva dlya opredeleniya davleniya kompressionnykh trikotazhnykh izdeliy na telo cheloveka // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №3. S.60...67.

4. Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: KolosS, 2011.

5. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M., Davydov A.F. i dr. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: INFRA-M, 2021.

6. Gusev B.N., Matrokhin A.Yu. Materialovedenie: traditsii, dostizheniya, perspektivy // Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №4. S. 31...36.

7. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V. Ekspertnye metody pri otsenke kachestva tkaney // Dizayn i tekhnologii. – 2019, № 71 (113). S. 63...70.

8. Vinogradova N.A. Kinetika iznashivaniya tkaney spetsial'nogo naznacheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 3. S. 61...64.

9. Vinogradova N.A., Plekhanova S.V., Plekhanov A.F. Povyshenie urovnya kachestva formalizatsii meditsinskikh izdeliy // Perspektivy nauki. – Tambov, 2020, №9 (132). S. 36...39.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 22.10.21.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_78

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДРАПИРУЕМОСТИ КОСТЮМНО-ПЛАТЬЕВЫХ ЧИСТОЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ

DRAPERY RESEARCH AND FORECASTING OF COSTUME AND DRESS PURE LINEN FABRICS

Н.А. СМІРНОВА, В.В. ЛАПШИН, В.В. ЗАМЫШЛЯЕВА, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА

N.A. SMIRNOVA, V.V. LAPSHIN, V.V. ZAMYSHLAEVA, N.A. GRUZINTSEVA

(Костромской государственный университет,
Ивановский государственный политехнический университет)

(Kostroma State University,
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: nadejda.smirnova.a@yandex.ru

В статье приводятся результаты исследований и прогнозирования драпируемости костюмно-платьевых чистольняных тканей. Объекты исследования выбраны из различных главных и мелкоузорчатых переплетений с разной связностью нитей в структуре тканей. Предметом исследования является драпируемость, определяемая авторским методом. Общепринятые методы определения драпируемости являются недостаточно чувствительными к льняным тканям и не позволяют выявить влияние характеристик строения на коэффициенты драпируемости, значения которых варьируются в области 40%. Прогнозирование драпируемости чистольняных тканей реализовано на основе результатов экспериментальных исследований с использованием специально разработанной компьютерной программы "Neuro-Prognosis". Интеллектуальная система на базе искусственных нейронных сетей позволяет реализовать научно обоснованное конфекционирование без экспериментальных исследований. Искусственные нейронные сети являются средством, позволяющим поддерживать актуальность прогноза с развитием технологии производства тканей.

The article presents the results of research and forecasting of drape effect of suit and dress pure linen fabrics. The objects of the study are selected of various main and small-patterned weaves with different connectivity of threads in the structure. The subject of the study is drapery, determined by the author's method.

Generally accepted methods for determining drape effect are insufficiently sensitive to linen fabrics and do not allow us to identify the influence of structural characteristics on drape effect coefficients, the values of which vary in the range of 40%. The prediction of the drapery of pure linen fabrics was performed using a specially developed computer program "Neuro-Prognosis". An intelligent system based on artificial neural networks allows you to implement a scientifically based choice of linen fabrics without experimental research. Artificial neural networks are the means to maintain the relevance of the forecast with the development of fabric production technology.

Ключевые слова: чистольняные костюмно-платьевые ткани, коэффициент драпируемости, переплетение, коэффициент связности нитей, прогнозирование.

Keywords: pure linen suit and dress fabrics, drape effect coefficient, interlacing, thread connectivity coefficient, forecasting.

Актуальность исследований и прогнозирования драпируемости чистольняных тканей обусловлена возросшим интересом к изделиям из льна и необходимостью наиболее эффективного использования ценных натуральных волокон, традиционно производимых в России [1...3]. В мировой моде отмечается устойчивая тенденция к использованию льняных тканей.

Драпируемость является одним из важнейших показателей, оказывающим влияние на эстетические свойства одежды, поэтому ее исследованию и методам оценки уделяется большое внимание [4...10].

При производстве одежды драпировочные свойства материалов играют важную роль, а требования к ним часто носят противоречивый характер из-за отсутствия возможности прогнозирования драпируемости. Недостаток систематических исследований свойств льняных тканей, определяющих эстетичный вид швейных изделий, не всегда позволяет их использовать оптимальным образом.

Стандартные методы определения драпируемости отсутствуют, а существующие общепринятые: дисковый и метод иглы не позволяют получать информацию, достаточную для прогнозирования поведения тканей при драпировании и эксплуатации изделий из них. Общепринятые методы

определения драпируемости являются недостаточно чувствительными к льняным тканям и не позволяют выявить влияние характеристик строения на коэффициенты драпируемости, значения которых варьируются в области 40 %. Поэтому при исследовании драпируемости использован авторский метод определения коэффициента драпируемости [6].

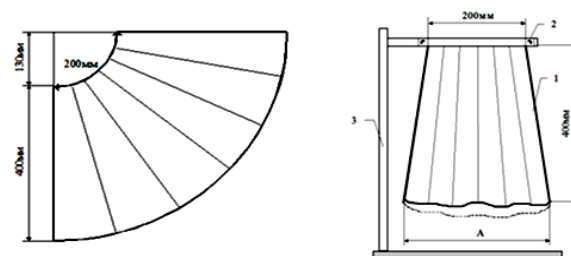


Рис. 1

Схемы подготовки проб и определения драпируемости текстильных материалов методом сектора показаны на рис. 1. Устройство для проведения испытаний состоит из стойки и зажима. Проба 1, размеченная лучами под углами 15, 30, 45, 60, 75 и 90° к нитям основы, закрепляется в зажиме 2 на стойке 3 по дуге 200 мм. Через 30 мин измеряют расстояние между углами нижнего края пробы и определяют длину в различных направлениях по намеченным

лучам, которая позволяет корректировать длину деталей изделий косоугольного края.

Коэффициент драпируемости определяется по формуле:

$$D = \frac{200}{A} \cdot 100\%,$$

где A – расстояние между углами нижнего края пробы, мм.

Метод отличается высокой чувствительностью к сравнительно жестким льняным тканям и позволяет выявить различия в драпируемости тканей главных и мелкозорчатых переплетений, обладающих разной связностью нитей в структуре (табл. 1).

Коэффициент связности нитей в переплетении рассчитывается по формуле Н.С. Ереминой [11].

Коэффициенты драпируемости свидетельствуют о способности тканей к складкообразованию в широких пределах от 54 до 74,5%.

Проведенные исследования позволили не только сформировать справочные сведения по драпируемости чистольняных тканей, но и разработать метод ее прогнозирования. Возможность прогнозирования драпируемости реализована специально разработанной и зарегистрированной компьютерной программой "Neuro-Prognosis" [12].

Т а б л и ц а 1

№ ткани	Переплетение	Поверхностная плотность M_s , г/м	Коэффициент связности нитей в переплетении $C = \Pi_o \Pi_y T_{cp} / 1000 F_n$	Коэффициент драпируемости D , %
1	Плотняное	180	6,80	64,1
2	Плотняное	157	6,39	64,0
3	Плотняное	180	6,80	65,0
4	Саржевое	230	3,65	74,0
5	Плотняное	210	7,28	61,4
6	Мелкозорчатое	240	5,80	67,0
7	Саржевое	184	3,87	74,5
8	Саржевое	195	4,96	69,0
9	Мелкозорчатое	172	4,23	72,6
10	Саржевое	207	5,10	70,0
11	Плотняное	206	9,80	54,0
12	Плотняное	180	7,44	62,0
13	Мелкозорчатое (креповое)	190	5,01	58,5
14	Мелкозорчатое	190	5,73	68,0
15	Мелкозорчатое (производное саржевого)	190	4,42	64,5
16	Плотняное	158	6,56	65,0
17	Мелкозорчатое	200	4,50	73,0
18	Плотняное	188	7,22	63,0

Обобщение характеристик драпируемости реализуется системой с функцией обучения искусственных нейронных сетей (ИНС) с учителем по алгоритму обратного распространения ошибки. При добавлении новых значений коэффициентов драпируемости модель прогнозирования постоянно уточняется. Уменьшение средней относительной ошибки обучения свидетельствует о приближении аппроксимирующей поверхности к экспериментальным данным.

Входными параметрами для прогнозирования драпируемости чистольняных тканей выбраны поверхностная плотность тканей (M_s , г/м²) и коэффициент связности нитей в переплетении. Интерфейс программы прогнозирования драпируемости чистольняных тканей представлен на рис. 2.

Зависимость коэффициентов драпируемости D от входных параметров ИНС аппроксимирует непрерывную поверхность, которую можно принять за реальную в области рабочих значений.

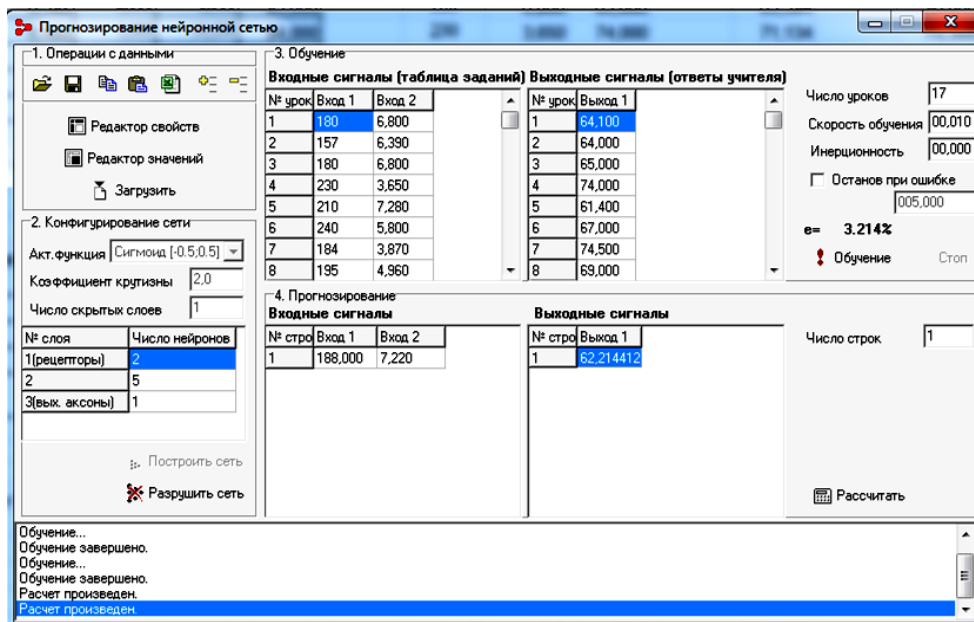


Рис. 2

Экспериментальная зависимость коэффициентов драпируемости D (M_s , C) и генерируемая ИНС зависимость $D^{НС}$ (M_s , C) представлены на рис. 3.

Проверка качества прогнозирования драпируемости чистольняных тканей с использованием ИНС проводилась на контрольной льняной ткани полотняного переплетения (№ 18), не включенной в обучающую выборку (см. табл. 1). Проверка показала, что прогнозируемое значение коэффициента драпируемости составляет 62,21 % с ошибкой прогнозирования 1,25 %.

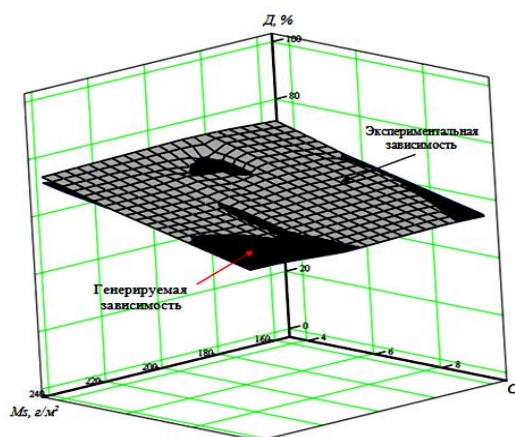


Рис. 3

Прогнозирование драпируемости чистольняных тканей позволяет реализовать цифровизацию конфекционирования при

отсутствии экспериментальной базы [13], [14] и позволяют сформировать базу данных, необходимую для проектирования одежды и обеспечения качества выпускаемых швейных изделий из льна.

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования драпируемости чистольняных тканей авторским методом и представлены справочные сведения.
2. Предложено прогнозирование драпируемости чистольняных тканей с использованием интеллектуальной системы на базе разработанной и зарегистрированной компьютерной программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ленько К.А., Ясинская Н.Н., Скобова Н.В.* Инновационный подход к решению проблемы умягчения льняных материалов // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. – 2020, № 1. С.361...367.
2. *Хрущева Т.Е., Труевцев Н.Н., Легезина Г.И.* Новые разработки в области ассортимента льнодержательной пряжи // *Текстильная промышленность*. – 1998, №5. С.30...31.
3. *Шибашова С.Ю., Чешкова А.В., Кузьмин А.В.* Льняные ткани нового поколения // *Текстильная промышленность*. – 2002, №8. С.29...30.
4. *Капелевич Г.М., Шнайер А.М.* Жесткость и драпируемость тканей. Эксплуатационные свойства

тканей и современные методы их оценки. – М.: Ростехиздат, 1960.

5. Тамаркина М. А., Русаков С.И. Об оценке драпируемости ткани // Швейная промышленность. – 1969, №1. С.24...29.

6. Патент 2119667 РФ, МПК G01N 33/36. Способ определения драпируемости текстильных материалов / Н.А. Смирнова, К.Е. Перепелкин, А.В. Смирнов. – Оpubl. 1998. Бюл. № 27.

7. Патент 1455301 СССР, МПК G01N33/36. Способ определения драпировочных свойств текстильных материалов / Е.А. Кирсанова. – Оpubl. 1989. Бюл. № 4.

8. Sodomka Lubomiz, Vysoka Skola, Zpusob hodnoceni spluvavoski tekstili nebo ploshych ufvaru: Патент 275027 ЧСФР, МКИ G 01M 19/00, #382-89.

9. Патент RU 24009811 С1. Способ определения драпируемости материалов для одежды / А.П. Жихарев, А.А. Оганесян, С.В. Абу. – Оpubl. 2011.

10. Патент RU 2528876 С1. Способ определения драпируемости материалов для одежды / Л.А. Бекмурзаев, Е.В. Назаренко, М.В. Бырдина. – Оpubl. 2014. Бюл № 26.

11. Справочник по хлопчаткачеству / Э.А. Оников, П.Т. Букаев, А.П. Алленова и др. / Под общ. ред. Э.А. Оникова. – М.: Легкая индустрия, 1979.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619528 "Neuro-Prognosis" / В.В. Лапшин, Д.А. Козловский, В.Н. Ершов, Н.А. Смирнова, В.В. Замышляева; правообладатель ФГБОУ ВО "Костромской государственный университет" № 2018616521; заявл. 25.06.2018; дата регистрации 07.08.2018.

13. Смирнова Н.А., Белгородский В.С., Андреева Е.Г., Замышляева В.В., Балакирев Н.А., Гусева М.А., Разбродин А.В. Компьютерные технологии в конфекционировании материалов // Сб. научн. тр. Междунар. научн.-техн. симпозиума: Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина". – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина. – 2019. Т. 2. С. 180...186.

14. Смирнова Н.А., Лапшин В.В., Замышляева В.В. Цифровизация конфекционирования на базе создания интеллектуальных систем // Сб. ст. Всерос. научн.-техн. конф.: Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности / Минобр-науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ. – 2019. С.270...276.

REFERENCES

1. Len'ko K.A., Yasinskaya N.N, Skobova N.V. Innovatsionnyu podkhod k resheniyu problemy umyagcheniya l'nyanykh materialov // Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX). – 2020, № 1. S.361...367.

2. Khrushcheva T.E., Truevtsev N.N., Legezina G.I. Novye razrabotki v oblasti assortimenta l'nosoderzha-

shchey pryazhi // Tekstil'naya promyshlennost'. – 1998, №5. S.30...31.

3. Shibashova S.Yu., Cheshkova A.V., Kuz'min A.V. L'nyanye tkani novogo pokoleniya // Tekstil'naya promyshlennost'. – 2002, №8. S.29...30.

4. Kapelevich G.M., Shpayer A.M. Zhestkost' i drapiruemost' tkaney. Eksploatatsionnye svoystva tkaney i sovremennye metody ikh otsenki. – М.: Rostekhizdat, 1960.

5. Tamarkina M. A., Rusakov S.I. Ob otsenke drapiruemosti tkani // Shveynaya promyshlennost'. – 1969, №1. S.24...29.

6. Patent 2119667 RF, MPK G01N 33/36. Sposob opredeleniya drapiruemosti tekstil'nykh materialov / N.A. Smirnova, K.E. Perepelkin, A.V. Smirnov. – Opubl. 1998. Byul. № 27.

7. Patent 1455301 SSSR, MPK G01N33/36. Sposob opredeleniya drapirovochnykh svoystv tekstil'nykh materialov / E.A. Kirsanova. – Opubl. 1989. Byul. № 4.

8. Sodomka Lubomiz, Vysoka Skola, Zpusob hodnoceni spluvavoski tekstili nebo ploshych ufvaru: Patent 275027 ChSFR, MКИ G 01M 19/00, #382-89.

9. Patent RU 24009811 S1. Sposob opredeleniya drapiruemosti materialov dlya odezhdy / A.P. Zhikharrev, A.A. Oganesyanyan, S.V. Abu. – Opubl. 2011.

10. Patent RU 2528876 S1. Sposob opredeleniya drapiruemosti materialov dlya odezhdy / L.A. Bekmurzaev, E.V. Nazarenko, M.V. Byrdina. – Opubl. 2014. Byul № 26.

11. Spravochnik po khlopkotkachestvu / E.A. Onikov, P.T. Bukaev, A.P. Allenova i dr. / Pod obshch. red. E.A. Onikova. – М.: Legkaya industriya, 1979.

12. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2018619528 "Neuro-Prognosis" / V.V. Lapshin, D.A. Kozlovskiy, V.N. Ershov, N.A. Smirnova, V.V. Zamyshlyayeva; pravoobl-adatael' FGBOU VO "Kostromskoy gosudarstvennyy universitet" № 2018616521; zayavl. 25.06.2018; data registratsii 07.08.2018.

13. Smirnova N.A., Belgorodskiy V.S., Andreeva E.G., Zamyshlyayeva V.V., Balakirev N.A., Guseva M.A., Razbrodin A.V. Komp'yuternye tekhnologii v konfeksionirovanii materialov // Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. simpoziuma: Vtorye mezhdunarodnye Kosyginские chteniya, priurochennye k 100-letiyu RGU imeni A. N. Kosygina". – М.: RGU imeni A.N. Kosygina. – 2019. Т. 2. S. 180...186.

14. Smirnova N.A., Lapshin V.V., Zamyshlyayeva V.V. Tsifrovizatsiya konfeksionirovaniya na baze sozdaniya intellektual'nykh sistem // Sb. st. Vseros. nauchn.-tekhn. konf.: Fundamental'nye i prikladnye problemy sozdaniya materialov i aspekty tekhnologiy tekstil'noy i legkoy promyshlennosti / Minobrnauki Rossii, Kazan. nats. issled. tekhnol. un-t. – Kazan': Izd-vo KNITU. – 2019. S.270...276.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров КГУ. Поступила 20.10.21.

**СОХРАНЕНИЕ КАЧЕСТВА
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПОСЛЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НОСКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ**

**PRESERVATION OF THE QUALITY
OF NANOSTRUCTURED TEXTILE MATERIALS
AFTER THE OPERATING WEAR OF SPECIAL CLOTHES**

Э.А. ХАММАТОВА, Л.Н. АБУТАЛИПОВА

E.A. KHAMMATOVA, L.N. ABUTALIPOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: venerabb@mail.ru

В статье представлены результаты научного исследования, ориентированные на решение проблем сохранения качества текстильных материалов для специальной одежды при эксплуатации. Основным показателем, характеризующим качество тканей для специальной одежды, является характеристика разрывной нагрузки. Цель работы заключалась в разработке способов получения наноструктурированных текстильных материалов для специальной одежды, которые сохраняют прочность при эксплуатации. Объектами исследования выбраны ткани для спецодежды из хлопчатобумажной пряжи и с вложением синтетических волокон. Оценка их качественных характеристик осуществлялась после 12 месяцев опытной носки в реальных условиях труда на производственных предприятиях и 24 стирок, в процессе которой определялся уровень соответствия разрывной нагрузки тканей одежды специального назначения нормативным показателям. Для экспериментальных исследований контрольных и наноструктурированных образцов использовали разрывную машину МТ110-5. Наноструктурирование тканей для спецодежды, проведенное электрофизическим методом модификации с применением обработки потоком "холодной" плазмы пониженного давления, позволяет повысить разрывную нагрузку за счет использования уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия "ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3".

The article presents the results of a scientific study focused on solving the problems of maintaining the quality of textile materials for special clothing during operation. The main indicators characterizing the quality of fabrics for special clothing is the breaking load characteristic. The purpose of the work was to develop methods for obtaining nanostructured textile materials for special clothing, which retain their strength during operation. The objects of research are fabrics for workwear made of cotton yarn and with the attachment of chemical fibers and threads. The assessment of their qualitative characteristics was carried out after 12 months of experimental wear in real working conditions at industrial enterprises and 24 washings, during which the level of compliance of the breaking load of fabrics of special-purpose clothing with standard indicators was determined. For experimental studies of control and nanostructured samples, an MT110-5 tensile testing machine was used. Nanostructuring of fabrics for workwear, carried out by the electrophysical

modification method using a flow of "cold" low-pressure plasma, makes it possible to increase the breaking load due to the use of a unique semi-industrial plasma unit of periodic action "WATT 1500 R / R PLAZMA 3".

Ключевые слова: текстильный материал, холодная плазма, механические свойства, разрывная нагрузка, наноструктурирование, ткани для специальной одежды, пропитки.

Keywords: textile material, cold plasma, mechanical properties, breaking load, nanostructuring, fabrics for special clothing, impregnation.

Сохранение качества текстильных материалов для одежды специального назначения при ее эксплуатации является сложной задачей, решение которой требует комплексного подхода, который связан с особенностями профессиональной деятельности потребителя и механическими свойствами тканей. Поскольку специальная одежда работников различных отраслей промышленности (например, лесной, угольной, автомобильной промышленности, машиностроении, стройиндустрии, электроэнергетики) подвергается воздействию различных механических факторов, пыли и грязи. Так как работа в них связана с большим количеством неблагоприятных факторов, их рабочая специальная одежда должна защищать от механических воздействий, повышенных температур, попадания на кожу человека влаги, масел, нефтепродуктов и т.д. Качественная специальная одежда должна полностью выполнять эту функцию.

Специальная одежда должна быть надежной и практичной при эксплуатации, поэтому для ее изготовления необходимо использовать материалы с соответствующими повышенными механическими характеристиками. Как показал анализ литературы, механические характеристики любой специальной одежды на 90% зависят от используемых материалов. Текстильные материалы для специальной одежды должны отличаться хорошими показателями прочности и растяжимости, устойчивостью окраски к стирке, поту, трению, воздействию морской и хлорированной воды, формоустойчивостью, легкостью [1].

Ткани из хлопчатобумажной пряжи и с вложением химических волокон не всегда могут обеспечить необходимые эксплуата-

ционные свойства текстильным материалам для специальной одежды, поэтому для производства таких полотен используются различные химические и физические методы модификации [2...4].

Одним из основных направлений в улучшении качества одежды специального назначения является повышение ее долговечности, так как продление сроков службы специальной одежды равносильно увеличению ее выпуска без привлечения дополнительных материальных и трудовых ресурсов. Опыт эксплуатации специальной одежды, а также результаты многочисленных опытных носок, проводимых предприятиями, свидетельствуют о том, что некоторые виды специальной одежды выходят из строя намного раньше нормативного срока службы вследствие снижения прочности материалов, из которых они изготовлены, потерей их первоначальных свойств.

В связи с изложенным исследование разрывной нагрузки хлопчатобумажных тканей для специальной одежды после носки является актуальным и представляет научный и практический интерес.

В данной работе проведены исследования влияния "холодной" плазмы пониженного давления на разрывную нагрузку текстильных материалов для специальной одежды, которая изготавливалась из контрольных и наноструктурированных текстильных материалов из хлопчатобумажной пряжи с вложением синтетических волокон, которые затем прошли эксплуатационную носку в течение 12 месяцев.

В качестве объектов исследования выбран ассортимент текстильных материалов, применяемый для изготовления швейных изделий специального назначения, характеристики которых представлены в табл. 1.

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %			Поверхностная плотность, г/м ²	Переплетение	Пропитка
			хлопок	ПЭ	анти-стат. нить			
1	Премьер Комфорт 250 (образец 1)	18422X	80	20	-	255	саржевое	МВО, МУ, StopOil
2	Премьер Cotton 300 (образец 2)	10408	100	-	-	300	саржевое	МВО, МУ
3	Премьер Комфорт 250А (образец 3)	18422a/ X-M	80	20	+	255	саржевое	НМВО, StopOil
4	Премьер FR-350 (образец 4)	10202	100	-	-	340	атласное	НМВО

Обработка опытных образцов текстильных материалов осуществлялась на уникальной полупромышленной плазменной установке периодического действия "ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3", где проводилось наноструктурирование материалов в вакуумной камере между двумя ВЧ электродами. В камере создавалось пониженное давление и происходила обработка в потоке "холодной" плазмы, не превышающей температуру 40...45°. Данная установка является однокамерной установкой периодического действия. Ее питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 380/220 В ± 5% частотой 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон [2].

Наноструктурирование экспериментальных образцов текстильных материалов проводилось на суровых образцах: Премьер Комфорт 250, артикул 18422X (образец 1), Премьер Cotton 300, артикул 10408 (образец 2), Премьер Комфорт 250А, артикул 18422 а/Х-М (образец 3), Премьер FR-350 (образец 4).

Осуществлялось варьирование входных параметров плазменной установки, к которым относятся: мощность разряда (W_p) от 0,2 до 2,0 кВт, расход плазмообразующего газа (G) от 0 до 0,08 г/с, давление в вакуумной камере (P_k) от 13 до 53 Па и время обработки τ от 1 до 3 м/мин, мощность, потребляемая установкой ($P_{потр}$) от 1,0 до 5,0 кВт.

После плазменного наноструктурирования суровых текстильных материалов для специальной одежды проводились последующие отделочные операции технологичес-

кого процесса, в том числе пропитка, для придания тканям определенных гидрофобных свойств (табл. 1). Для этого образцы пропитывали различным химическим составом, в зависимости от их функционального назначения: нефтемасловодоотталкивающей (НМВО), масловодоотталкивающей (МВО), малоусадочной (МУ) пропиткой, а также использовали инновационную отделку для активной защиты ткани от производственных загрязнений с двойным спектром действия (StopOil). Поскольку полученные опытные образцы текстильных материалов для одежды специального назначения прежде всего должны соответствовать требованиям безопасности труда ГОСТ Р ЕН 340-210 (EN 340:2003) [5].

Сведения о безопасности опытных образцов спецодежды из разрабатываемых материалов подлежали проверке. Для этого осуществлялась оценка их качественных характеристик после 12 месяцев опытной носки в реальных условиях труда на производственных предприятиях и 24 стирок, в процессе которой определялся уровень сохранения механических свойств опытных образцов одежды специального назначения из разрабатываемых материалов до и после эксплуатационной носки.

Одним из основных показателей, определяющих механические свойства наноструктурированных тканей для специальной одежды являлась разрывная нагрузка. Определение, разрывной нагрузки контрольных и наноструктурированных текстильных материалов проводилось при одноосном растяжении до и после эксплуата-

ции специальной одежды, согласно ГОСТ 3813–72 [6].

Проведено исследование влияния эксплуатационного воздействия на разрывную нагрузку наноструктурированных текстильных материалов для специальной одежды. Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2.

Максимальную нагрузку при растяжении опытных образцов текстильных материалов для одежды специального назначения до и после их эксплуатации определяли на разрывной машине МТ110-5 на контрольных и наноструктурированных образцах. Испытания проводили до разрушения на 5 опытных образцах, затем определяли среднее значение полученных результатов.

На рис. 1 представлена гистограмма изменений величины разрывной нагрузки (по основе) для контрольных и опытных образцов одежды специального назначения из разрабатываемых тканей Премьер Комфорт 250 (образец 1), Премьер Cotton 300 (образец 2), Премьер Комфорт 250А (образец 3), Премьер FR-350 (образец 4).

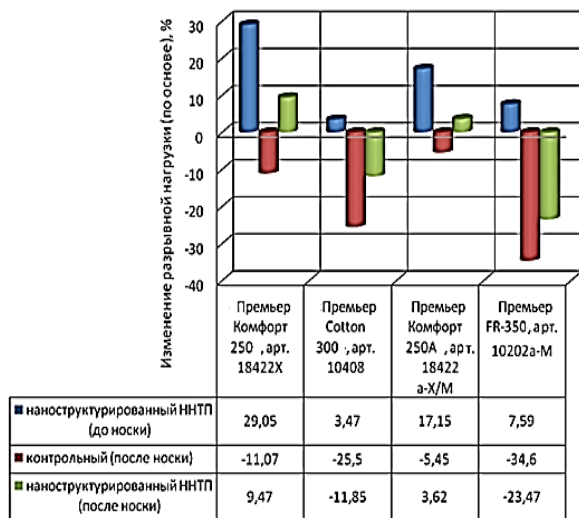


Рис. 1

Как видно из рис. 1, в опытных образцах тканей спецодежды из наноструктурированных текстильных материалов Премьер Комфорт 250 (образец 1), разрывная нагрузка до эксплуатационной носки увеличилась на 29,05%, а после эксплуатационной носки повысилась на 9,47% относи-

тельно контрольных образцов. После эксплуатационной носки контрольные образцы тканей теряют свою прочность на 11,07% относительно контрольных образцов без эксплуатации.

Исследования текстильных материалов для специальной одежды Премьер Комфорт 250А (образец 3) показали, что разрывная нагрузка наноструктурированных образцов до и после эксплуатационной носки увеличилась соответственно на 17,15 и 3,62% относительно контрольных образцов без эксплуатационной носки, а в контрольных образцах тканей с эксплуатационной ноской разрывная нагрузка уменьшилась на 5,45%.

Если проанализируем образцы текстильных материалов для специальной одежды Премьер Cotton 300 (образец 2) и Премьер FR-350 (образец 4), где содержится 100% хлопка, разрывная нагрузка в наноструктурированных образцах до эксплуатационной носки увеличилась соответственно на 3,47 и 7,59% относительно контрольных образцов без эксплуатационной носки, а в наноструктурированных и контрольных образцах тканей Премьер Cotton 300 с эксплуатационной ноской разрывная нагрузка уменьшилась соответственно на 11,85 и 25,5%. То же самое наблюдается в текстильном материале Премьер FR-350, где разрывная нагрузка после эксплуатационной носки уменьшилась на 23,47% в наноструктурированном образце и на 34,6% в контрольном образце.

Таким образом, в текстильных материалах для специальной одежды Премьер Комфорт 250 и Премьер Комфорт 250А разрывная нагрузка наноструктурированных тканей до и после эксплуатационной носки сохраняется, за счет наличия в составе тканей полиэфирных волокон (20%) и использования дополнительной инновационной отделки с двойным спектром действия (StopOil).

Результаты проведенных испытаний разрывной нагрузки (по утку) текстильных материалов для специальной одежды (образцы 1...4) представлены на рис. 2.

На основе проведенных испытаний установлено (рис. 2), что во всех опытных

образцах одежды из наноструктурированных текстильных материалов до эксплуатационной носки (образцы 1...4), разрывная нагрузка тканей увеличилась от 2,59 до 49,14%.

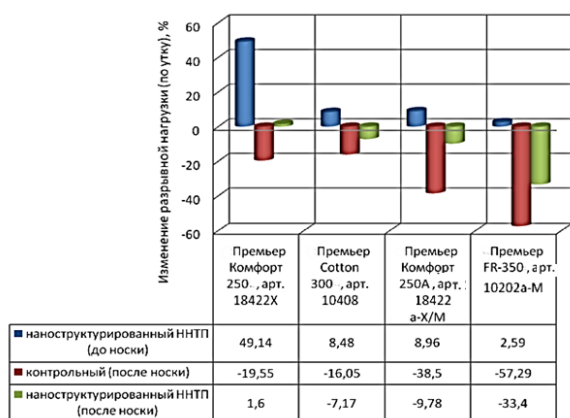


Рис. 2

Максимальное повышение разрывной нагрузки наблюдается в наноструктурированном текстильном материале для специальной одежды Премьер Комфорт 250 (образец 1), где показатель до эксплуатационной носки вырос на 49,14%, а после эксплуатационной носки увеличился на 1,6% относительно контрольных образцов за счет наличия в нем полиэфирных волокон и трех видов пропиток: маслородоотталкивающей, малоусадочной и инновационной отделки с двойным спектром действия (StopOil), что дает устойчивость защитных свойств к многократным стиркам и химчисткам. В других образцах текстильных материалов для специальной одежды: Премьер Cotton 300 (образец 2), Премьер Комфорт 250А (образец 3), Премьер FR-350 (образец 4) разрывная нагрузка после эксплуатационной носки уменьшилась в контрольных образцах от 16,05 до 57,29%, в наноструктурированных образцах от 7,05 до 33,4%.

ВЫВОДЫ

1. Наноструктурированные ткани для спецодежды из хлопчатобумажной пряжи и с вложением синтетических волокон при применении потока "холодной" плазмы пониженного давления имеют повышенную разрывную нагрузку от 7,59 до 29,05% (по

основе) и от 2,59 до 49,14% (по утку) относительно контрольных образцов, что соответствует требованиям безопасности средств индивидуальной защиты.

2. Наноструктурированные текстильные материалы Премьер Комфорт 250 (образец 1), Премьер Cotton 300 (образец 2), Премьер Комфорт 250А (образец 3), Премьер FR-350 (образец 4) обладают максимальной разрывной нагрузкой при воздействии потока "холодной" плазмы пониженного давления в режиме: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=22$ Па, времени воздействия $\tau = 2$ м/мин, мощности разряда $W_p = 4,0$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{Ar} = 0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомченкова Л. Современная рабочая специальная одежда на отечественном рынке СИЗ [Электронный ресурс] //Клинический институт охраны и условий труда. – 2021. – Режим доступа: <http://kiout.ru/info/publish/25843>.
2. Хамматова Э.А., Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова В.В., Матвеев Ю.Н., Васильева А.К. Совершенствование технологии промышленного производства конкурентоспособных материалов нового поколения. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017.
3. Жерносек С.В., Ольшанский В.И. Модификация структуры композиционных текстильных материалов в условиях воздействия СВЧ-излучения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 41...43.
4. Таипулатов С.ЛЛ., Кадиоров Т.Д., Расулова М.К., Абенова И.Р., Талгатбекова А.Ж. Исследование показателей качества хлопчатобумажной ткани, обработанной технологическим раствором для изготовления специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 5. С. 139...142.
5. ГОСТ Р ЕН 340-210 (ЕН 340:2003). "Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Общие технические требования". – М.: Стандартинформ, 2011.
6. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82) Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (с Изменениями № 1, 2, 3). – Введено 01.01.1973, переутв. 01.01.1982 г., 01.09.1990 г., 01.06.1992 г. (ИУС 4-82, 12-90, 9-92). – М.: Изд-во стандартов. – 1973.

REFERENCES

1. Fomchenkova L. Sovremennaya rabochaya spetsial'naya odezhda na otechestvennom rynke SIZ

[Elektronnyy resurs] //Klinskiy institut okhrany i usloviy truda. – 2021. – Rezhim dostupa: <http://kiout.ru/info/publish/25843>.

2. Khammatova E.A., Gaynutdinov R.F., Khammatova V.V., Matveev Yu.N., Vasil'eva A.K. Sovershenstvovanie tekhnologii promyshlennogo proizvodstva konkurentosposobnykh materialov novogo pokoleniya. – Kazan': Izd-vo KNITU, 2017.

3. Zhernosek S.V., Ol'shanskiy V.I. Modifikatsiya struktury kompozitsionnykh tekstil'nykh materialov v usloviyakh vozdeystviya SVCh-izlucheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 6. S. 41...43.

4. Tashpulatov S.Sh., Kadirov T.D., Rasulova M.K., Abenova I.R., Talgatbekova A.Zh. Issledovanie pokazateley kachestva khlopchatobumazhnoy tkani, obrabotannoy tekhnologicheskim rastvorom dlya

izgotovleniya spetsial'noy odezhdy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 5. S. 139...142.

5. GOST R EN 340-210 (EN 340:2003). "Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda spetsial'naya zashchitnaya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya". – M.: Standartinform, 2011.

6. GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) Materialy tekstil'nye. Tkani i shtuchnye izdeliya. Metody opredeleniya razryvnykh kharakteristik pri rastyazhenii (s Izmeneniyami № 1, 2, 3). – Vvedeno 01.01.1973, pereutv. 01.01.1982 g., 01.09.1990 g., 01.06.1992 g. (IUS 4-82, 12-90, 9-92). – M.: Izd-vo standartov. – 1973.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 25.10.21.

УДК 677.022

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_89

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ЛЕНТОЧНОЙ МАШИНЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ
ПРЯДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**RESEARCH OF THE DRAWING FRAME TECHNOLOGICAL PARAMETER
INFLUENCE ON THE QUALITY INDICATORS OF SPINNING PRODUCTS**

А.Ф. ПЛЕХАНОВ, С.Т. ТОЖИМИРЗАЕВ, П.Д. ЛАСТОЧКИН, Х.И. ИБРАГИМОВ

A.F. PLEKHANOV, S.T. TOJIMIRZAEV, P.D. LASTOCHKIN, KH.I. IBRAGIMOV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство.),
Наманганский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан,
Технологический университет Таджикистана)

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Namangan Institute of Engineering and Technology, Republic of Uzbekistan,
Technological University of Tajikistan)

E-mail: sanjar.tojimirzaev@gmail.com

В статье рассмотрено влияние величины вытяжки и разводки между вытяжными парами в основной и предварительной зонах вытягивания на ленточном переходе прядильного производства на неровноту ленты и пряжи. Известно, что любые изменения в области предварительной зоны вытягивания в процессе утонения оказывают значительное влияние на качество волокнистого продукта. Установлено, что величина вытяжки в предварительной зоне вытягивания оказывает большее влияние на качество пряжи, чем величина вытяжки в основной зоне. Вместе с тем, величина разводки в основной зоне вытягивания оказывает большее влияние на качество пряжи, чем величина разводки в предварительной зоне вытягивания.

This paper discusses the effect of draft ratio and gauge in both the break and the main drafting zones on quality of yarn and the coefficient of variation (CV) of sliver, and how both of them in turn affect sliver and yarn irregularity. It is shown that the draft settings in the break draft zone have a more significant effect on the yarn quality than the gauge in the main drafting zone. However, the gauge in the main drafting zone has a more considerable influence on the yarn quality than the degree of gauge in the break drafting zone.

Ключевые слова: вытягивание, предварительная вытяжка, главная (основная) вытяжка, утонение, лента, пряжа, неровнота, зона вытягивания, разводка.

Keywords: drafting, break draft, main draft, sliver and yarn irregularity, gauge of drafting zone.

При исследовании прядильного продукта использовалось передовое технологическое оборудование, установленное на предприятиях ООО "URG TEX" и ООО "SURHON SIFAT TEXTILE", которое представлено в табл. 1. Чесальная лента и лента с ленточных машин производились, на обоих предприятиях по 1 и 2 вариантам соответственно. Для этого исследования использовалось одинаковое оборудование, но в некоторых переходах параметры различаются. Так, вытяжка в основной зоне вытягивания на предприятии ООО

"SURHON SIFAT TEXTILE" на 2,66 (38%) больше, чем на предприятии ООО "URG TEX", а предварительная вытяжка больше на 0,26 (16,5%). Образцы средневолокнистого хлопкового волокна IV типа, 1-2 сортов [1] селекции Султан, используемые на предприятиях, были проанализированы на лабораторном оборудовании HVI [2] и AFIS [3].

Исследуемые технологические заправочные параметры ленточных машин приведены на табл. 2.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Наименование оборудования	Марка машин
1	Автоматический кипный разрыхлитель	Blendomat BDT
2	Универсальный очиститель	SP-MF
3	Предварительный очиститель	CL-P
4	Смеситель	U-MX-10
5	Очиститель	CL-U
6	Отделитель посторонних частиц	SP-FPU
7	Чесальная машина	Trützschler TC-15
8	Ленточная машина 1-2 -х переходов	Trützschler TD9/TD8
9	Ровничная машина	Zinser 5M
10	Кольцепрядильная машина	Zinser 72
11	Мотальный автомат	Autoconer 6

Т а б л и ц а 2

TRUTZSCHLER TD-9, 1-й переход			
Варианты	1 вариант	2 вариант	Различие / %
Вырабатываемая лента, ктекс	5,30	5,56	+0,26 / 4,9
Предварительная вытяжка	1,31	1,57	+0,26 / 16,5
Общая вытяжка	6,9	9,56	+2,66 / 38
Скорость выпуска, м/мин	650	650	-
Число сложений	6	8	-
Разводка, мм	A-46: B-40	A-49: B-42	-
TRUTZSCHLER TD-8, 2-й переход			
Вырабатываемая лента, ктекс	5,08	5,30	0,22 / 4,3
Предварительная вытяжка	1,13	1,24	+0,11 / 9,7
Общая вытяжка	8,35	6,26	-2,09 / 25
Скорость выпуска, м/мин	550	550	-
Число сложений	8	6	-
Разводка, мм	A-44: B-40	A-49: B-42	-

Из табл. 2 видно, что между выбранными вариантами есть различия в предварительной вытяжке, общей вытяжке, числе сложений и разводке между вытяжными парами.

Во время производства пряжи на кольцепрядильных машинах короткие волокна (SFC), длина которых не превышает 12,7 мм (1/2 дюйма), могут создавать трудности в последующих после чесания процессах. В конечном итоге это приводит к снижению качества пряжи.

На лабораторном приборе Uster AFIS был проведен анализ содержания коротких волокон (SFC) в ленте с ленточных переходов, волокно/г. Для каждого выбранного варианта было взято по 10 проб, полученные результаты были усреднены.

Для определения неровноты отобранных проб лент с ленточных машин использовалось лабораторное оборудование Uster® Tester-5. При определении неровноты ленты было протестировано 10 тазов, из каждого по 10 образцов ленты. Были выработаны образцы пряжи линейной плотности 20 текс из ровницы линейной плотности 763 текс.

Критерий IPI представляет собой общее количество дефектов пряжи, показатель общей суммы; толстых, тонких мест и узелков (непс) пряжи длиной 1000 метров. Показатели IPI для пряжи: толстые места

(+ 50%) – толстые участки, тонкие места (-50%) – тонкие участки, непс (+ 200%).

Линейную плотность пряжи определяли, используя лабораторное оборудование AUTO SORTER-5, которое автоматически выдает показания. Также образцы пряжи были испытаны на Uster tenzojet-5 для измерения прочности одиночной нити.

Все тесты проводились в стандартных лабораторных условиях при температуре 20±2°C и относительной влажности 65±2% [4].

Образцы ленты были переработаны на 1 и 2-м переходах ленточных машин. Качественные показатели волокнистого состава утоненной ленты были определены на лабораторном оборудовании AFIS PRO и HVI, результаты приведены в таб. 3.

Из таблицы 3 видно, что характеристики волокнистого состава ленты во втором варианте были улучшены по сравнению с характеристиками первого варианта. В частности, такие показатели, как длина волокна, то есть средняя длина L(w) и верхняя средняя длина UQL(w). На повышение качественных показателей этих параметров повлияло увеличение на ленточной машине общей вытяжки на 2,66 % и предварительной вытяжки на 16,5 %. На производстве были приняты показатели второго варианта, потому что результаты были такими же при рассмотрении на предприятии первого варианта.

Таблица 3

Uster-statistics-2018, %	Total Nep Count [cnt/gr] Общее кол-во узелков, шт/г	SCN [Cnt/g] волокна с кожей, шт/г	L(w) [mm] Средняя длина волокна, мм	SFC (w) [mm] Доля коротких волокон, %	UQL (w) [mm] Верхняя средняя длина, мм	Yellowness (+b) Индекс желтизны, %	SFC (n) [mm] Содержание коротких волокон, %	5% L (n) [mm] Длина волокна, мм	Maturity Ratio [%] Степень зрелости волокна, %	IFC [%] Содержание незрелых волокон, %	UI [%] Индекс однородности, %	Dust Count [Cnt/g] Запыленность волокна, шт/г	Trash Count [Cnt/g] Засоренность волокна, шт/г	VFM [%] Видимые посторонние элементы, %	Micronaire Микронейр
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	109	4,3	25,2	3,2	29,5	8,2	13,9	34	0,96	3,8	87,6	147	19	0,45	3,2
25	133	8,1	24,8	4,3	29,1	9,2	16,4	34	0,94	4,8	86,8	289	33	0,77	3,5
50	168	11,5	24,2	5,7	28,6	10,3	18,6	34	0,92	5,8	85,9	428	47	1,13	3,8
1	51	7	24,6	6,0	29,4	8,0	17,2	33,9	0,94	5,6	84,0	21	3	0,03	4,6
2	58	9	24,9	5,2	29,6	7,9	15,9	34,2	0,94	5,5	84,1	19	1	0,04	4,6

Доля коротких волокон SFC(n) уменьшилась с 17,2 до 15,9 %, то есть относительная разница между короткими волокнами между вариантами уменьшилась на 7,5% в результате определения оптимального размера разводов между вытяжными парами. С учетом гарантированной погрешности 3% показатель SFC (n) на практике оказался существенно сниженным. Кроме того, в 1-м варианте категория количества коротких волокон по системе Uster® [5] составляет 25...50%, то есть в диапазоне 2...3 классов. В результате оптимизации заправочных параметров ленточной машины данный показатель увеличивается на одну ступень и снизился до 1...2 классов, что свидетельствует об улучшении качества ленты.

Если интенсивность (скорость) процесса вытягивания увеличивается, усиление динамического воздействия на волокно неизбежно. С учетом этого сила вытяжного устройства используется не в полную мощность. Следует также отметить, что наряду с долей коротких волокон также улучшается процесс утонения и отделение примесей, пыли и мелких сорных частиц, то есть уменьшается их содержание в ленте. Это указывает на то, что оптимизация параметров вытяжного прибора на ленточной машине улучшила скользящее движение волокон в зоне вытягивания друг относительно друга.

Результаты испытаний пряжи 20 текс, полученной из лент 1 и 2-го вариантов, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование показателей	Единицы измерения	Uster-statistics-2018 (5%)	Вариант	
			1	2
Линейная плотность	текс	20	20,10	20,15
Коэффициенты вариации по линейной плотности (CV)	%	0,9	1,83	1,76
Крутка	кр/м	-	808	808
Коэффициент вариации по крутке (CV)	%	2,50	3,0	2,98
Разрывная нагрузка	сН	380	308	314
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке (CV)	%	7,0	6,80	7,45
Удельная разрывная нагрузка	сН/текс	18,9	15,80	16,52
Удлинение при разрыве E	%	6,5	6,05	6,16
Неровнота по Uster (U)	%	10,45	11,45	11,28
(- 50%) / тонкие места	шт/1000 м	3	8	4
(+50%) / толстые места	шт/1000 м	50	112	96
(+200%) / непысы	шт/1000 м	112	189	178
Общее количество пороков, IPI	шт	165	307	278
Ворсистость	%	4,1	4,80	4,62

Из табл. 4 видно, что свойства пряжи, выработанной из ленты во 2-м варианте лучше, чем в 1-м варианте. Уменьшение количества пороков (IPI) благодаря оптимизации заправочных параметров ленточных машин 1 и 2-го переходов привело к увеличению разрывной нагрузки на 4,35%.

Изучая общее число пороков IPI, можно прийти к выводу, что при самом качественном процессе чесания в волокнистом составе ленты все-таки остаются короткие волокна. Эти волокна встречаются при ди-

намическом воздействии ленточной машины, работающей с большой скоростью. Также есть вероятность образования коротких волокон и в процессе вытягивания. Для уменьшения и удаления коротких волокон на современных ленточных машинах в зоне вытягивания имеется пневмоотсос.

Несмотря на все вышесказанное, короткие волокна остаются в волокнистом составе утоненной ленты, возможно только их значительное уменьшение, которое

приводит к уменьшению их влияния на качественные показатели пряжи. На практике общее количество пороков, тонких и толстых мест уменьшается, а качество пряжи улучшается.

ВЫВОДЫ

Индекс "микронейр" средневолокнистого хлопкового волокна Республики Узбекистан составляет от 4,1 до 4,9, что соответствует средневолокнистым сортам хлопчатника, но из-за длины волокна, код которого составляет 38, что соответствует штапельной длине 34/35 мм, возможно произвести высококачественный продукт с использованием современных прядильных технологий и необходимой оптимизацией рабочих параметров ленточных машин.

Оптимизация разводов между вытяжными парами в вытяжных приборах ленточных машин, а также общей вытяжки может привести к уменьшению содержания коротких неконтролируемых волокон и, как следствие, повышению качества неровноты ленты. Снижение содержания коротких волокон приведет к улучшению распределения крутки по длине и увеличению удельной разрывной нагрузки вырабатываемой пряжи.

При увеличении на ленточной машине основной вытяжки на 2,66% и предварительной вытяжки на 0,26% уменьшается содержание количества коротких волокон на 7,5 %, что позволяет производить более качественную пряжу.

ЛИТЕРАТУРА

1. O'zDst 604-2016. Хлопковое волокно. Технические параметры. – Ташкент, 2016.

2. HVI 900 SA тизими билан пахта толасининг сифатини баҳолаш (услубий қўлланма). – Тошкент, 2001.

3. Furter R. USTER AFIS PRO Application Report: Application of single fiber testing systems for process in spinning mills, SE 610, November 2007.

4. ASTM D1776:2004. Standard practice for conditioning textiles for testing.

5. Интернет-ресурс: https://www.uster.com/fileadmin/user_upload/customer/VARIOUS/Download_UNB/

6. T.V. Ratham, K.P Chellamani. Quality Control in Spinning. Third Revised Edition by SITRA. – Coimbatore, INDIA, 1999. P. 145...147.

7. Фофуров К. Техника ва технология янгиликлари //Q.G G'afurov-Toshkent "IJOD-PRINT" nashriyoti. – 2020, 160-б.

8. Плеханов А.Ф., Лебедев А.А., Лобашова Е.А., Плеханов Ф.М. О поле сил трения в вытяжных приборах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №3. С. 42...45.

REFERENCES

1. O'zDst 604-2016. Khlopkovoe volokno. Tekhnicheskie parametry. – Tashkent, 2016.

2. HVI 900 SA tizimi bilan pakhta tolasining sifati baxolash (uslubiy q'llanma). – Toshkent, 2001.

3. Furter R. USTER AFIS PRO Application Report: Application of single fiber testing systems for process in spinning mills, SE 610, November 2007.

4. ASTM D1776:2004. Standard practice for conditioning textiles for testing.

5. Internet-resurs: https://www.uster.com/fileadmin/user_upload/customer/VARIOUS/Download_UNB/

6. T.V. Ratham, K.P Chellamani. Quality Control in Spinning. Third Revised Edition by SITRA. – Coimbatore, INDIA, 1999. P. 145...147.

7. Fofurov K. Tekhnika va tekhnologiya yangiliklari //Q.G G'afurov-Toshkent "IJOD-PRINT" nashriyoti. – 2020, 160-b.

8. Plekhanov A.F., Lebedev A.A., Lobashova E.A., Plekhanov F.M. O pole sil treniya v vytyazhnykh priborakh // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2003, №3. S. 42...45.

Рекомендована кафедрой текстильных технологий РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 05.10.21.

УДК 678. 677.03
DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_94

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ
НА НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ ХОЛЛОФАЙБЕР®**

**STUDIES ON THE EFFECTS
OF RADIATION STERILIZATION
ON NON-WOVEN FABRIC HOLLOWFIBER®**

*М.С. ЛИСАНЕВИЧ, Р.Ю. ГАЛИМЗЯНОВА; Ю.Н. ХАКИМУЛЛИН,
Т.А. ФЕДОРОВА, Е.В. МЕЗЕНЦЕВА, В.В. ИВАНОВ*

*M.S. LISANEVICH, R.YU. GALIMZYANOVA, YU.N. HAKIMULLIN,
T.A. FEDOROVA, E.V. MEZENTSEVA, V.V. IVANOV*

(Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
ООО "Термопол")

(Kazan National Research Technological University,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Thermopol, LLC)

E-mail: lisanevichm@gmail.com; galimzyanovar@gmail.com; info@thermopol.ru

Всемирная организация здравоохранения объявила коронавирус чрезвычайной ситуацией международного значения. В связи с этим нетканые материалы (НМ) рекомендуется активно внедрять и применять для купирования распространения коронавируса в изделиях различного назначения, в том числе медицинских изделиях. Синтетические полиэфирные наполнители в подушках, одеялах, матрацах, утеплители в одежде и строениях являются небиологической неклеточной структурой. В ней не распространяются бактерии, которые, в свою очередь, как и живые организмы, микроорганизмы, могут являться средой для вирусного распространения. Волокна, применяемые в производстве материалов Холлофайбер®, обладают гигроскопичностью менее 1%, в них нет белкового компонента или растительной клетки, что может являться питательной средой для микроорганизмов и соответственно распространения через них вирусов. Однако вопросы вирусного переноса и вирулентности остаются актуальными и проблемными. Одним из эффективных решений является радиационная стерилизация. Проблемой является то, что не все нетканые материалы (НМ) способны выдержать воздействие радиационной стерилизации. В связи с этим объектом исследования выбран высокотехнологичный НМ отечественного производства. Таким образом, исследование влияния

радиационной стерилизации на материал Холлофайбер® является актуальной задачей. В результате изучения НМ Холлофайбер® после радиационного излучения в диапазоне доз от 20...60 кГр существенных изменений потребительских характеристик не произошло. Таким образом, НМ Холлофайбер® ПРОФИ, артикул Р 35191, Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5197, Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200 рекомендованы для производства медицинских изделий.

The World Health Organization has declared the coronavirus an emergency of international importance. In this regard, non-woven materials (NM) are recommended to be actively introduced and used to stop the spread of coronavirus in products for various purposes, including medical devices. Synthetic polyester fillers in pillows, blankets, mattresses, insulation in clothes and buildings are non-biological non-cellular structure. It does not spread bacteria, which, in turn, like living organisms, microorganisms, can be a medium for viral spread. The fibers used in the production of Holfiber® materials have a hygroscopicity of less than 1%, they do not have a protein component or a plant cell, which can be a nutrient medium for microorganisms and, accordingly, viruses spread through them. However, the issues of viral transfer and virulence remain relevant and problematic. One effective solution is radiation sterilization. The problem is that not all non-woven materials (NM) are able to withstand exposure to radiation sterilization. In connection with this object of research, a high-tech NM of domestic production was selected. Thus, the study of the effect of radiation sterilization on Holfiber® material is an urgent task. As a result of studying Holfiber® NM after radiation in the dose range from 20-60 kGy, there were no significant changes in consumer characteristics. Thus, NM Holfiber® PROFI, article P 35191, Holfiber® SOFT, article P 5197, Holfiber® SOFT, article P 5200 are recommended for the manufacture of medical devices.

Ключевые слова: нетканый материал, радиационная стерилизация, Холлофайбер®, воздухопроницаемость, жесткость, электризуемость, разрывная нагрузка.

Keywords: non-woven material, radiation sterilization, Holfiber®, air permeability, stiffness, electrification, breaking load.

НМ Холлофайбер® на сегодняшний день находят широкое применение в различных областях промышленности [1], [2]. Одним из значимых направлений является здравоохранение, в частности эвакуационные комплекты для новорожденных, раневые повязки. Чаще всего медицинские изделия из НМ должны подвергаться стерилизации. В настоящее время радиационным методом стерилизуется более 50% медицинских изделий одноразового пользования. Как известно из более ранних исследований [3...8], радиационная стерилизация существенным образом влияет на характеристики НМ, поэтому проводятся

многочисленные исследования, направленные на увеличение радиационной стойкости полимерного волокнистого сырья [9...12]. Таким образом, исследование влияния радиационной стерилизации на нетканые материалы Холлофайбер® является актуальной задачей.

Цель данной работы – исследовать потребительские характеристики материалов Холлофайбер® после радиационного старения.

Объектами исследования являлись нетканые материалы:

- Холлофайбер® ПРОФИ, артикул Р 35191, поверхностная плотность 100 г/м²;

-Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5197, поверхностная плотность 150 г/м²;

- Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200, поверхностная плотность 300 г/м².

Изучены следующие показатели НМ после радиационной стерилизации: воздухопроницаемость, электризуемость, жесткость при изгибе, прочность при удлинении. Выбор перечисленных показателей обоснован тем, что они в большей степени характеризуют эксплуатационные показатели качества НМ.

Объекты исследования подвергались воздействию электронного излучения на радиационной установке "Электронный стерилизатор" с ускорителем электронов УЭЛВ-10-10-С-70 (Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина (ИФХЭ РАН)). Радиационная стерилизация НМ осуществлялась в диапазоне доз от 20 кГр, что обеспечивает гибель спорообразующих бактерий. Однако из-за особенностей укладки зачастую НМ могут получить повышенную дозу радиации, в связи с этим в ходе работы было исследовано изменение свойств материалов в интервале поглощенной дозы до 60 кГр.

Электризуемость исследовали на измерителе напряженности электростатического поля СТ-01, испытания проводились в соответствии с СанПиН 2.4.7./1.1.1286-03, МУК 4.1/4.3.1485-03.

Для определения воздухопроницаемости использовали диагностический прибор для испытаний на воздухопроницаемость модель: А0003-РС, испытания проводились в соответствии с международным стандартом ГОСТ Р 56918 (ИСО 9073-15:2007) "Материалы текстильные. Методы испытаний нетканых материалов. Часть 15. Определение воздухопроницаемости".

Для определения жесткости при изгибе использовали прибор МТ-360.

Разрывная нагрузка определялась на разрывной машине Zwick/Roell/ BT1-FR2.5TH.140 при температуре 23±2°С в соответствии с ГОСТ Р 53226 "Полотна нетканые. Методы определения прочности".

Для определения диаметра пор использовался порометр серии POROLUX™ 100,

был применен метод сканирующего давления для анализа пор. POROLUX™100 – газожидкостной порометр, предназначенный для быстрых измерений сквозных пор в таких материалах, как фильтры, нетканые материалы, бумага, мембраны, пористые волокна и т.д. В этом методе единственный клапан открывается в течение измерения, при этом давление и результирующий газовый поток измеряются непрерывно. Метод позволяет в течение короткого промежутка времени получить достоверные результаты с высокой воспроизводимостью данных.

Для изучения структуры НМ Холлофайбер® до и после радиационной стерилизации использовали металлографический микроскоп для исследований в отраженном свете Альтами МЕТ 3/ЗМТ.

Одной из существенных потребительских характеристик НМ является их способность пропускать воздух в закрытом состоянии при наличии разности давления воздуха на его наружных и внутренних поверхностях, то есть воздухопроницаемость НМ.

На рис. 1 представлена зависимость показателя воздухопроницаемости нетканых материалов от дозы облучения.

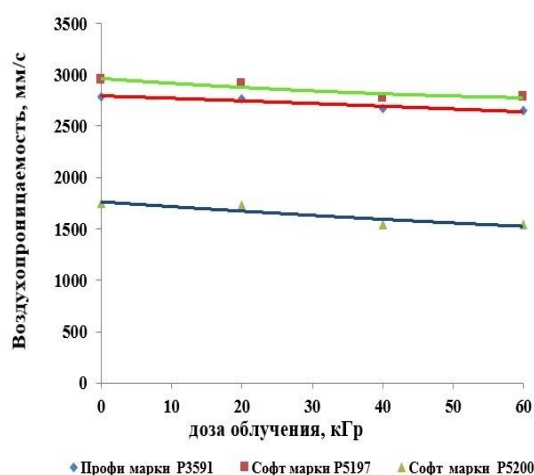


Рис. 1

Выявлено незначительное уменьшение показателя воздухопроницаемости на 5...11%, предположительно это связано с уменьшением размера больших пор. Размеры пор и их количество определены газодинамическим методом.

Анализ результатов экспериментальных данных показал, что во всех случаях радиационная стерилизация приводит к уменьшению размера больших пор и средних, а размер маленьких пор увеличивается. Благодаря радиационной стерилизации структура НМ Холлофайбер® упорядочи-

лась, поры уменьшились и стали более однородными.

В табл. 1 (размер пор НМ Холлофайбер® до и после стерилизации) представлены результаты исследования пор газодинамическим методом.

Таблица 1

Наименование образца	Состояние	Размер маленькой поры (um)	Размер средней поры (um)	Размер большой поры (um)
Холлофайбер® ПРОФИ, артикул Р 35191, поверхностная плотность 100 г/м ²	не стерилиз.	17,35	23,05	183,7
	стерилиз.	15,26	187,9	366,6
Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5197, поверхностная плотность 150 г/м ²	не стерилиз.	20,11	16,32	214,5
	стерилиз.	15,91	90,8	353,2
Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200, поверхностная плотность 300 г/м ² .	не стерилиз.	47,18	54,44	182,9
	стерилиз.	6,347	88,75	210,9

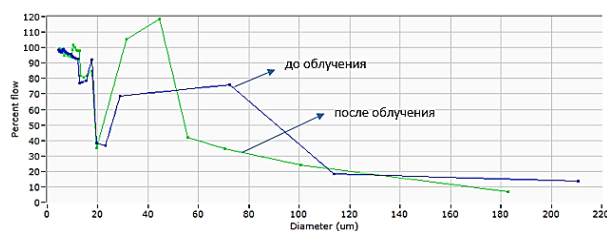
Для НМ Холлофайбер® ПРОФИ, артикул Р 35191, происходит уменьшение больших и средних пор на 49,8 и 87,7 % соответственно, а увеличение маленьких пор на 13%.

Для НМ Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5197, происходит уменьшение больших и средних пор на 39,2 и 83,8% соответственно, а увеличение маленьких пор на 20,8%.

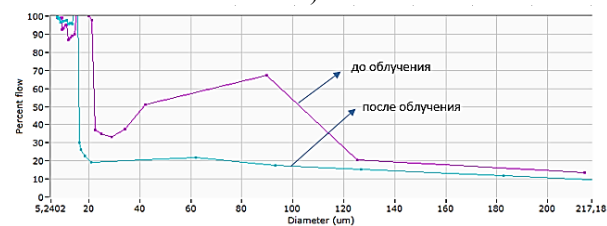
Для НМ Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200, происходит уменьшение больших и средних пор на 13,27 и 38,69% соответственно, а увеличение маленьких пор в 7,8 раз. На рис. 2 (а...в) представлены результаты дифференциальных кривых образцов НМ, которые являются производными от измеренных значений (расчеты описаны в стандарте ASTM F 316-03 "Standard Test Methods for Pore Size Characteristics of Membrane Filters by Bubble Point and Mean Flow Pore Test").

Дифференциальная кривая показывает процент потока (на оси ординат), который проходит через поры соответствующего размера (на оси абсцисс) и показывает соответствующее значение размера пор на этой оси, то есть показывает "частоту размеров пор". Из графика (рис. 2 – зависимость процента потока от диаметра пор: а) Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200, б) Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5197,

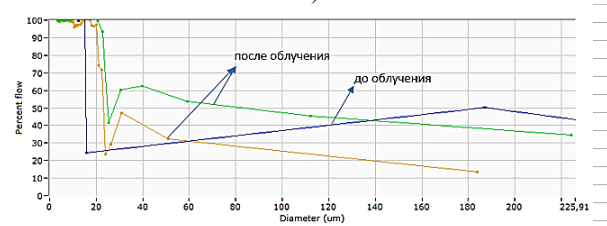
в) Холлофайбер® ПРОФИ, артикул Р 35191) видно, например, что в контрольном образце НМ Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200, максимальный процент потока приходится на поры диаметром 65...66 мкм, в отличие от стерилизованных образцов, где максимальный процент потока приходится на поры диаметром 40...44 мкм.



а)



б)



в)

Рис. 2

Следующим эксплуатационным показателем является жесткость при изгибе тканей, представляющая собой способность материала сопротивляться изменению формы при действии внешней изгибающей силы. В ходе работы была исследована жесткость образцов НМ до и после обработки радиационным излучением. Результаты представлены на рис. 3 (зависимость поверхностного коэффициента жесткости от дозы облучения).

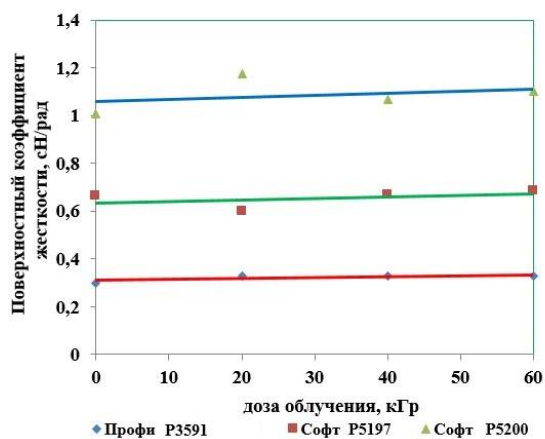


Рис. 3

Как видно из представленного выше рисунка, поверхностный коэффициент возрастает незначительно, в среднем на 3...10%.

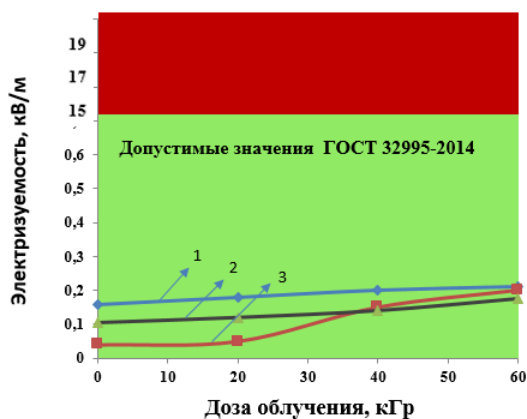


Рис. 4

Электризуемость подразумевает способность материалов в определенных условиях генерировать и накапливать на поверхности статическое электричество. На рис. 4 представлен график зависимости электризуемости от воздействия радиационного облучения, где 1 – Холлофайбер®

СОФТ, артикул Р 5197, 2 – Холлофайбер® ПРОФИ, артикул Р 35191, 3 – Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200. На рисунке зеленым выделена зона, значения в которой находятся в пределах нормы, красная зона соответственно за пределами нормы, согласно ГОСТ 32995 "Материалы текстильные. Методика измерения напряженности электростатического поля".

Исследования показывают, что воздействие ионизирующего излучения на НМ приводит к увеличению электризуемости для НМ Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5197, и НМ Холлофайбер® ПРОФИ, артикул Р 35191, в 1,3 и 1,6 соответственно, для НМ Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200, в 5 раз, при дозе облучения 60 кГр значение электризуемости повышается за счет увеличения статического поля под действием ионизирующего излучения. Стоит отметить, что значения электризуемости находятся в пределах нормы, установленной ГОСТ 32995 "Материалы текстильные. Методика измерения напряженности электростатического поля".

Зависимость разрывной нагрузки от дозы облучения представлена на рис. 5.

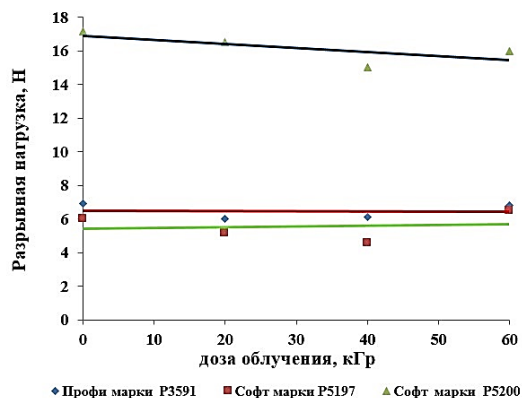


Рис. 5

Анализируя данные, можно заключить, что увеличение дозы ионизирующего облучения практически не сказывается на разрывной нагрузке НМ и изменяется в пределах от 1...5%.

Также образцы были исследованы на металлографическом микроскопе для исследований в отраженном свете, чтобы увидеть изменения в структуре НМ Хол-

лофайбер®. Результаты исследований приведены на рис. 6 (фотографии структуры Холлофайбер®, полученные на металлографическом микроскопе для исследований в отраженном свете Альтами MET 3/3MT (НМ Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200)).

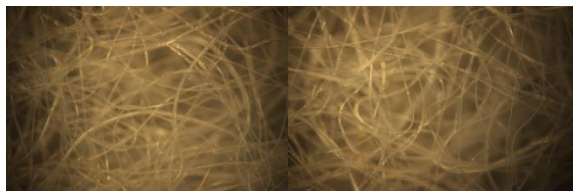


Рис. 6

Детальное изучение расположения и взаимозацепления волокон позволяет отметить, что ионизирующее излучение не привело к каким-либо визуальным изменениям.

ВЫВОДЫ

В результате изучения НМ Холлофайбер® после радиационного излучения в диапазоне доз от 20...60 кГр существенных изменений эксплуатационных показателей не произошло. Воздухопроницаемость уменьшилась на 5...11%, что связано с изменением размеров пор, их стабилизацией по диаметру. Показатель воздухопроницаемости удовлетворяет требованиям, предъявляемым к медицинским изделиям из НМ, направленным на обеспечение нормального тепло- и газообмена организма человека с окружающей средой, согласно ГОСТ 12.4.280 "Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Общие технические требования".

Жесткость повысилась в среднем на 3...10%. Показатели жесткости после ионизирующего излучения согласно ГОСТ 24684 "Материалы для одежды. Нормы жесткости" также удовлетворяют требованиям. Значение электризуемости повысилось за счет увеличения статического поля под действием ионизирующего излучения.

Стоит отметить, что значения электризуемости находятся в пределах нормы, установленной ГОСТ 32995. Разрывная нагрузка изменяется в пределах от 1...5%. Визуального изменения волокон не выявлено. Таким образом, НМ Холлофайбер® ПРОФИ, артикул Р 35191, Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5197, Холлофайбер® СОФТ, артикул Р 5200, рекомендованы для производства медицинских изделий.

С учетом кризисных явлений распространения коронавируса, а также полученных новых данных, можно сделать вывод о существенном расширении спектра применения указанных НМ в медицинских целях, в том числе при сочетании с другими НМ (спанбонд, мелтблун и др.). НМ, из которых также производятся медицинские маски и халаты, клинические матрацы и постельные принадлежности для инфицированных, устойчивы к санации, дезинфекции, обработке перхлорэтиленом, автоклавированию (например, НМ Холлофайбер® выдерживают воздействие 100...110°C при термообработке), воздействию кислотных и щелочных растворов. Устойчивость указанного НМ к радиационному излучению в указанных диапазонах открывает здравоохранению широкий спектр доступных и практичных изделий, которые после срока полезной эксплуатации могут быть вторично (рециклинг) и многократно (полирециклинг) переработаны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Современные модификации сырья для текстильных полотен // В сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018). – 2018. С.113...116.
2. Мезенцева, Е.В., Иванов В.В., Мишаков В.Ю. Современные технологические подходы к повышению теплоизоляционных свойств утепленной одежды // В сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018). – 2018. С.160...164.
3. Хакимуллин Ю.Н., Бахридинова А.Р., Шаймарданова Р.Р., Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю. Влияние радиационной стерилизации на свойства

спанмелт-материалов // Вестник Технологического университета. – 2015. Т. 18, № 1. С. 251...253.

4. *Хакимуллин Ю.Н., Рахматуллина Э.Р., Галимзянова Р.Ю., Лисаневич М.С., Когенман И.Е., Ярুলлин Р.С.* Возможность получения нетканых материалов, стойких к традиционным методам стерилизации в условиях современного производства // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. Т. 16, № 23. С. 118...120.

5. *Лисаневич М.С., Легаева К.В., Царева Е.Е., Галимзянова Р.Ю., Мусин И.Н., Хакимуллин Ю.Н.* Прогнозирование долговечности стерилизованного нетканого материала, производимого по технологии спанлейс // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. Т. 17, № 14. С.144...146.

6. *Хакимуллин Ю.Н., Легаева К.В., Кузнецова Е.С., Травкина Л.С., Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю.* Влияние радиационной стерилизации на свойства нетканого материала, полученного по технологии спанлейс // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. Т. 17, № 14. С.150...153.

7. *Хакимуллин Ю.Н., Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Шакиров Б.Л.* Прогнозирование долговечности ламинированного нетканого материала, стерилизованного ионизирующим излучением // Вестник Технологического университета. – 2015. Т. 18, № 17. С. 120...122.

8. *Галимзянова Р.Ю., Шакиров Б.Л., Когенман И.Е., Травкина Л.С., Лисаневич М.С., Хакимуллин Ю.Н.* Влияние радиационной стерилизации на свойства двухслойного ламинированного нетканого материала // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. Т. 17, № 14. С. 194...196.

9. *Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Rakhmatullina E.P., Khakimullin Yu.N., Musin I.N., Tsareva E.E.* Effect of Processing and Radiation Exposure on the Structure and Properties of Polypropylene / Key Engineering Materials. – V.822, 2019. P.355...361.

10. *Rakhmatullina E.R., Galimzyanova R.Yu., Lisanevich M.S., Khakimullin Y.N., Konovalova O.A.* Investigation of the Effect of Electron Radiation on the Structure of Polypropylene Using Optical and Atomic Force Spectroscopy Methods / Key Engineering Materials. – V.816, 2019. P.290...294

11. *Lisanevich M.S., Rakhmatullina E.R., Khakimullin Y.N., Galimzyanova R.Y., Akhmadullin R.M., Perukhin Y.V.* The Effect of Polyquinone and Phenol-Phosphite Stabilizer on the Resistance of Polypropylene to Ionizing Radiation // Key Engineering Materials. – V. 816, 2019. P.328...332.

12. *Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Мукминева Н.А., Хакимуллин Ю.Н., Рахматуллина Э.Р., Кузнецова Е.С., Рамазанова А.Н.* Использование фенольного и смесового фенолфосфитного антиоксидантов для антирадиационной защиты полипропилена медицинского назначения // Вестник Технологического университета. – 2015. Т. 18, № 2. С.181...182.

REFERENCES

1. *Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu.* Sovremennye modifikatsii syr'ya dlya tekstil'nykh poloten // V sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2018). – 2018. S.113...116.

2. *Mezentseva, E.V., Ivanov V.V., Mishakov V.Yu.* Sovremennye tekhnologicheskie podkhody k povysheniyu teploizolyatsionnykh svoystv uteplennoy odezhdy // V sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2018). – 2018. S.160...164.

3. *Khakimullin Yu.N., Bakhridinova A.R., Shaymardanova R.R., Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu.* Vliyanie radiatsionnoy sterilizatsii na svoystva spanmelt-materialov // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. Т. 18, № 1. С. 251...253.

4. *Khakimullin Yu.N., Rakhmatullina E.R., Galimzyanova R.Yu., Lisanevich M.S., Kogenman I.E., Yarullin R.S.* Vozmozhnost' polucheniya netkanykh materialov, stoykikh k traditsionnym metodam sterilizatsii v usloviyakh sovremennogo proizvodstva // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2013. Т. 16, № 23. С. 118...120.

5. *Lisanevich M.S., Legaeva K.V., Tsareva E.E., Galimzyanova R.Yu., Musin I.N., Khakimullin Yu.N.* Prognozirovaniye dolgovechnosti sterilizovannogo netkanogo materiala, proizvodimogo po tekhnologii spanleys // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. Т. 17, № 14. С. 144...146.

6. *Khakimullin Yu.N., Legaeva K.V., Kuznetsova E.S., Travkina L.S., Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu.* Vliyanie radiatsionnoy sterilizatsii na svoystva netkanogo materiala, poluchennogo po tekhnologii spanleys // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. Т. 17, № 14. С. 150...153.

7. *Khakimullin Yu.N., Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Shakirov B.L.* Prognozirovaniye dolgovechnosti laminirovannogo netkanogo materiala, sterilizovannogo ioniziruyushchim izlucheniem // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. Т. 18, №17. С. 120...122.

8. *Galimzyanova R.Yu., Shakirov B.L., Kogenman I.E., Travkina L.S., Lisanevich M.S., Khakimullin Yu.N.* Vliyanie radiatsionnoy sterilizatsii na svoystva dvukhsloynogo laminirovannogo netkanogo materiala // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. Т. 17, № 14. С. 194...196.

9. *Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Rakhmatullina E.P., Khakimullin Yu.N., Musin I.N., Tsareva E.E.* Effect of Processing and Radiation Exposure on the Structure and Properties of Polypropylene / Key Engineering Materials. – V.822, 2019. P.355...361.

10. *Rakhmatullina E.R., Galimzyanova R.Yu., Lisanevich M.S., Khakimullin Y.N., Konovalova O.A.* Investigation of the Effect of Electron Radiation on the Structure of Polypropylene Using Optical and Atomic Force Spectroscopy Methods / Key Engineering Materials. – V.816, 2019. P.290...294

11. Lisanevich M.S., Rakhmatullina E.R., Khakimullin Y.N., Galimzyanova R.Y., Akhmadullin R.M., Perukhin Y.V. The Effect of Polyquinone and Phenol-Phosphite Stabilizer on the Resistance of Polypropylene to Ionizing Radiation // Key Engineering Materials. – V. 816, 2019. P.328...332.

12. Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Mukmeneva N.A., Khakimullin Yu.N., Rakhmatullina E.R., Kuznetsova E.S., Ramazanova A.N. Ispol'zovanie

fenol'nogo i smesovogo fenolfosfitnogo antioksidantov dlya antiradiatsionnoy zashchity polipropilena meditsinskogo naznacheniya // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. T. 18, № 2. S.181...182.

Рекомендована кафедрой медицинской инженерии КНИТУ. Поступила 07.09.21.

УДК 677.025.54

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_101

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ФОРМОУСТОЙЧИВОГО ДВУСТОРОННЕГО ФУТЕРОВАННОГО ТРИКОТАЖА

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF ELASTIC DOUBLEFACED FLUCY KNITWEAR OBTAINING

*М.С. КАРАТАЕВ¹, С.Ш. ТАШПУЛАТОВ^{2,3}, О.И. НУРМАМАТОВА²,
Х.Ф. МАМЕДОВА⁴, Р.Т. АХМЕДОВ², Н.Н. РУЗИБОЕВ²*

*M.S. KARATAYEV, S.SH. TASHPULATOV, O.I. NURMAMATOVA,
KH.F. MAMEDOVA, R.T. AKHMEDOV, N.N. RUZIBOYEV*

⁽¹⁾Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,

⁽²⁾Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,

⁽³⁾Джизакский политехнический институт, Республика Узбекистан,

⁽⁴⁾Азербайджанский технологический университет, Республика Азербайджан)

*(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan,
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,
Jizzakh of Polytechnic Institute, Republic of Uzbekistan,
Azerbaijan Technological University, Republic of Azerbaijan)*

E-mail: maxmudova1974@mail.ru; ssht61@mail.ru

В статье описывается введение в структуру трикотажа футерных нитей, что приводит к уменьшению растяжимости его по длине, так как в структуру трикотажа вводятся высоко ориентированные в направлении растяжения элементы, то есть футерные нити, а это приводит к повышению формоустойчивости трикотажа и улучшению физико-механических свойств и его внешнего вида.

Для повышения теплозащитности трикотажа разработана новая технология получения футерованного трикотажа. При этом футерная нить располагается между петельными столбиками, а также петлями и набросками, где футерная нить прочно закреплена на участках грунтовой нити при переходе остовы на набросок петли.

The article that the introduction into lining threads into the structure leads to reduction of knitwear the elongation along the length, since highly oriented ele-

ments, i.e., lining threads are introduced into the knitwear structure, which leads to an increase in the shape stability of knitwear and an improvement in physical and mechanical properties of the resulting knitwear appearance.

To increase the thermal protection of knitwear, a new technology for producing fleecy knitwear has been developed. In this case, the footer thread is located between the loop posts, as well as loops and drafts, where the footer thread being firmly fixed on the soil thread sections, while the skeleton goes over to the loop sketch.

Ключевые слова: вязание, футер, технология, прочность, петля, грунтовая нить, нитевод, конструкция, процесс.

Keywords: knitting, footer, technology, strength, loop, ground thread, thread guide, construction, process.

Введение. Двусторонний футерованный трикотаж содержит петли грунта и дополнительную футерную нить, причем лицевые и изнаночные петли грунта чередуются в шахматном порядке, а футерная нить, обвивая протяжки грунта, выходит в каждом ряду в виде протяжек на лицевую сторону перед изнаночной петлей и на изнаночную сторону за лицевой петлей.

Известен трикотаж футерованного переплетения [1], [2], где в петли грунта ввязана дополнительная футерная нить. Недостаток этого трикотажа заключается в том, что футерная нить выходит только на одну сторону трикотажа.

Известен также трикотаж переплетения двухлицевое переплетение [3], где в шахматном порядке чередуются лицевые и изнаночные петли. Недостатком этого трикотажа является то, что в нем нет футерной нити и поэтому у него пониженные теплозащитные свойства.

Полотно формоустойчивого футерованного трикотажа может вырабатываться на любых машинах с дополнительным процессом ввязывания в грунт любого переплетения футерной и плюшевых нитей, которая прокладывается на иглы в виде набросков, отводится к старым петлям и сбрасывается вместе с ними на новые [3]. В результате этого футерная нить оказывается подвешенной с изнаночной стороны на протяжках некоторых петель [4]. Для этого футерная нить должна прокладываться перед петлеобразующей системой, то есть раньше, чем грунтовая, либо сразу

на стержень иглы ниже крючка или язычка ее, либо сначала на крючок иглы, а затем опускаться на стержень и далее в процессе петлеобразования не должна попадать под крючок иглы.

В двустороннем футерованном трикотаже футерные протяжки выходят на обе стороны полотна. Следовательно, футерная нить должна подаваться и на иглы верхнего, и на иглы нижнего цилиндров при сохранении одинаковых параметров ее подачи иглам одной и другой игольницы [5]. Отрезок футерной нити, ограниченный раппортом кладки, разделяется на два участка. Первый участок обеспечивает закрепление нити в грунте переплетения, из этого участка образуется незамкнутая петля, называемая наброском; второй участок располагается свободно на изнаночной стороне трикотажа, он называется протяжкой. Для образования наброска футерная нить прокладывается на иглу, а для образования протяжки она прокладывается за иглу. От надежного выполнения этой операции зависит надежность всего процесса получения футерованного трикотажа на машине [6].

Методы. Нитевод для прокладывания футерной нити представляет собой изогнутую пластину 2 с отверстием (глазком) I для нити (рис. 1).

Пластина 2 прикреплена к стойке 6 болтом 4. Для регулирования положения нитевода относительно отбойной линии его перемещают по прорези 3 и фиксируют в выбранном положении болтом 4. На пла-

стике 2 крепится направитель 5. Футерную нить б сначала пропускают через направитель 5, а далее проводят в отверстие I. На подошве стойки 6 тоже имеется прорезь 7, благодаря которой можно регулировать расстояние от глазка I нитевода до игольного цилиндра, то есть игольный угол подачи нити. Установив нитевод в необходимое положение, его фиксируют болтом, проходящим сквозь прорезь 7 к замкам нижнего цилиндра, вместе с которыми нитевод вращается во время вязания. Конструкция нитевода обеспечивает все условия, необходимые для выработки двустороннего футерованного трикотажа на круглооборотной машине.

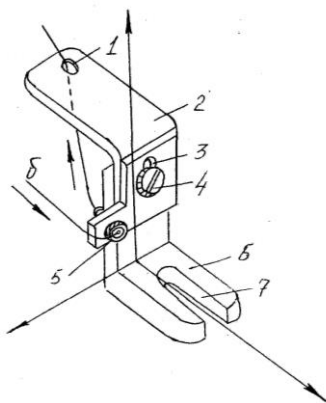


Рис. 1

Одной из особенностей работы круглооборотной машины является то, что процесс вязания осуществляется на ней благодаря вращению замков относительно центра игольниц, которые в отличие от других кругловязальных машин неподвижны. Поэтому и прокладывание нити на иглы происходит вследствие вращения имеющихся на машине нитеводов. Следовательно, нитевод для прокладывания нити должен быть также подвижным и вращаться относительно игольниц. Такое круговое движение нитеводам можно сообщить с помощью самих вращающихся замков нижнего цилиндра, укрепив их на корпусе замков. Остается лишь выяснить место расположения нитевода на корпусе. Определение места установки нитевода связано не только с выполнением указанных выше условий, но и с нахождением зоны прокладывания футерной нити [7].

Под оптимальной зоной прокладывания футерной нити при выработке двустороннего футерованного трикотажа на круглооборотной машине следует понимать наиболее приемлемый участок траектории игл, на котором возможна подача футерной нити при соблюдении требований, необходимых для нормального протекания процесса вязания этого трикотажа [8].

Установка глазка нитевода с футерной нитью на этом участке обеспечивает одновременное прокладывание футерной нити как на иглы верхнего, так и на иглы нижнего цилиндра [9].

Установка дополнительного нитевода в данной зоне обеспечивает нормальное протекание процесса петлеобразования при выработке двустороннего футерованного трикотажа на круглооборотной машине. Дополнительный нитевод устанавливают на корпусе замков нижнего игольного цилиндра.

Когда петлеобразующая система круглооборотной машины имеет дополнительный нитевод для прокладывания футерной нити и траекторию, обеспечивающую получение трикотажа базового переплетения, не производя других изменений в конструкции этой машины, можно осуществить вязание двустороннего футерованного трикотажа [10].

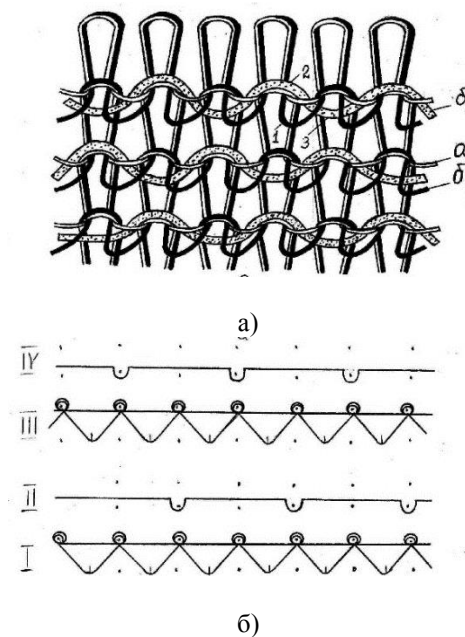


Рис. 2

Результаты. Предлагаемый трикотаж на круглооборотной машине получается при следующей работе петлеобразующих систем. Равномерное расположение футерных набросков на поверхности полотна можно достигнуть путем образования футерных набросков со сдвигом, то есть на разных иглах (рис. 2).

Наличие в структуре трикотажа футерной нити позволяет снизить растяжимость трикотажа по ширине. Полученный трикотаж обладает повышенной формоустойчивостью, высокими теплозащитными свойствами.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования и анализа процесса петлеобразования на машине установлено, что выработка двустороннего футерованного трикотажа на круглооборотной машине не влияет на скоростной режим ее работы и производительность. Способ прост в осуществлении, не требует больших изменений в конструкции машины, так как для получения трикотажа нового вида на этой машине достаточно установить дополнительный нитевод для прокладывания футерной нити.

Полученный трикотаж можно успешно использовать для теплых верхних изделий, в качестве подкладочных материалов, для одеял и другой продукции. Расход сырья при выработке такого трикотажа значительно меньше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РК. 23514 от 10.12.10 Махмудова Г.И. Двусторонний футерованный плюшевый трикотаж.
2. Авторское свидетельство РК. 66484 от 15.12.10 Махмудова Г.И. Двусторонний футерованный плюшевый трикотаж.
3. Патент D04B21/14 2160800 20.12.200. Зиновьева В.А., Зазюк Т.А. Двусторонний футерованный трикотаж.
4. Патент D04B1/00 2185468 16.10.2001 Зиновьева В.А., Зазюк Т.А., Викторov В.Н. Двухсторонний футерованный изнаночный трикотаж.
5. Патент D04B21/14 2187591 20.08.2002 Зиновьева В.А., Зазюк Т.А. Кулирный двухсторонний футерованный трикотаж.

6. Махмудова Г. И. Байболов К.С., Кайранбеков Г.Д. Футерованно-точный плюшевый трикотаж // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №1. С.234...237.

7. Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Мырхалыков Ж.У., Туребекова Г.З., Нурмаматова О.И. Технология получения футерованного плюшевого трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С. 97...100.

8. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

9. Мукимов М.М. Выработка двухстороннего кулирного футерованного трикотажа на круглооборотной машине // Текстильная промышленность. – 1994, №8. С. 65.

10. Галактионова А.Ю. Разработка и исследование трикотажных полотен с рисунчатými эффектами на базе футерованных переплетений: Дис...канд. техн. наук. – М.: МТИ, 2004.

11. Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Кулисбеков С.А. Формоустойчивый футерованный трикотаж с теплозащитными свойствами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №1. С. 238...241.

REFERENCES

1. Patent RK. 23514 of 10.12.10 Makhmudova G.I. Dvustoronniy futerovannyy plyushevyi trikotazh.
2. Avtorskoe svidetel'stvo RK. 66484 of 15.12.10 Makhmudova G.I. Dvustoronniy futerovannyy plyushevyi trikotazh.
3. Patent D04V21/14 2160800 20.12.200. Zinov'eva V.A., Zazyuk T.A. Dvustoronniy futerovannyy trikotazh.
4. Patent D04V1/00 2185468 16.10.2001 Zinov'eva V.A., Zazyuk T.A., Viktorov V.N. Dvukhstoronniy futerovannyy iznanochnyy trikotazh.
5. Patent D04V21/14 2187591 20.08.2002 Zinov'eva V.A., Zazyuk T.A. Kulirnyy dvukhstoronniy futerovannyy trikotazh.
6. Makhmudova G.I. Baybolov K.S., Kayranbekov G.D. Futerovanno-utochnyy plyushevyi trikotazh // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №1. S.234...237.
7. Makhmudova G.I., Karataev M.S., Myrkhalykov Zh.U., Turebekova G.Z., Nurmamatova O.I. Tekhnologiya polucheniya futerovannogo plyushevogo trikotazha // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, №1. S. 97...100.
8. Kudryavin L.A., Shalov I.I. Osnovy tekhnologii trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legprombytizdat, 1991.
9. Mukimov M.M. Vyrabotka dvukhstoronnego kulirnogo futerovannogo trikotazha na kruglo-obrotnoy mashine // Tekstil'naya promyshlennost'. – 1994, №8. S. 65.

10. Galaktionova A.Yu. Razrabotka i issledovanie trikotazhnykh poloten s risunchatymi effektami na baze futerovannykh perepleteniy: Dis....kand. tekhn. nauk. – M.: MTI, 2004.

11. Makhmudova G.I., Karataev M.S., Kumisbekov S.A. Formoustoychivyy futerovannyu trikotazh s teplozashchitnymi svoystvami // Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №1. S. 238...241.

Рекомендована Ученым советом ЮКГУ им М. Ауэзова. Поступила 01.10.21.

УДК 677.025

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_105

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСХОДА СЫРЬЯ ДЛЯ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР И ЗАПРАВОК ОСНОВОВЯЗАНЫХ ПОЛОТЕН

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE CONSUMPTION OF RAW MATERIALS FOR COMPLEX STRUCTURES AND REFUELING OF WARP-KNITTED FABRICS

H.B. ЗАВАРУЕВ, А.Г. ТУБОЛУШКИНА, Е.Н. КОЛЕСНИКОВА

N.V. ZAVARUEV, A.G. TUBOLUSHKINA, E.N. KOLESNIKOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A. N. Kosygin (Technology. Design. Art))

E-mail: anas-tub@mail.ru

В работе представлена методика расчета расхода сырья по видам использованных нитей при вязании ушковыми гребенками разных переплетений и образованием сложных структур трикотажных основовязанных полотен, а также определение длины заправляемой нити в каждую ушковину соответствующей гребенки.

The paper presents a method for calculating the consumption of raw materials by the types of threads used in knitting with ear combs of different weaves and the formation of knitted warp-knitted fabric complex structures, as well as determining the length of the thread to be filled into each ear of the corresponding comb.

Ключевые слова: основовязанные полотна, технологические переходы, методика расчета, расход сырья по видам нитей, длина заправляемой в ушковину нити.

Keywords: knitted warp-knitted fabrics, technological transitions, calculation method, raw material consumption by type of thread, length of the thread being filled into the ear.

Для выполнения любого заказа на производство основовязанных полотен предприятию-изготовителю перед вязанием

полотна требуется выполнять следующие подготовительные этапы.

1. Художественное проектирование полотна, результатом которого является разработка структуры полотна в графическом виде.

2. Техническое проектирование и экспериментальная проверка этапов технологического процесса производства основовязаного полотна, в результате которых определяются режимы всех технологических этапов производства, изменение параметров полотна: поверхностная плотность, плотности по горизонтали и вертикали на каждом этапе производства.

3. Процесс подготовки производства, в результате которого выполняются расчеты, позволяющие определить количество необходимого сырья разного вида на заказ.

Если для производства данного полотна используются несколько видов нитей, необходимо определять потребность каждого вида нити для каждой работающей на вязальной машине ушковой гребенки отдельно [1]. Для определения расхода каждого вида сырья необходимо рассчитать количество заправляемых ушковых нитей на каждой гребенке, а также длину нити, заправляемой в каждую ушковину гребенки. Как видим, в процессе подготовки производства основовязанных полотен требуется выполнять достаточно большое количество расчетов, которые требуют много времени и выполняются с большими допущениями и, следовательно, неточно. Кроме того, при большом объеме расчетов могут возникать ошибки.

Производство основовязанных полотен – это сложный технологический процесс, включающий: процесс подготовки сырья к вязанию, вязание на основовязальных машинах и процесс отделки готового полотна, который, в свою очередь, может включать несколько этапов, например, такие, как стирка или отмывка, глажение или отпарка. При каждом технологическом переходе параметры полотна могут значительно изменяться. Чтобы безошибочно рассчитать потребность каждого вида сырья для выработки заказа, необходимо при экспериментальной отработке процесса изготовления определять параметры полотна после каждого технологического перехода [2].

До настоящего времени расчет длин нитей, предназначенных для сновки на каждый сновальный вал, выполнялся вручную, исходя из возможной длины петель переплетения, вырабатываемого каждой гребенкой. Для точного расчета длин используемых нитей требовалось достаточно много времени, в особенности, если несколько работающих ушковых гребенок заправлены разными нитями и выполняют разные переплетения. При выполнении расчетов, с целью их упрощения, часто принимали длину нитей для заправки в одну ушковину одинаковой для всех гребенок, рассчитывая по большей величине, что практически всегда приводило к перерасходу дорогостоящего сырья.

С целью получения более точных результатов расчета расхода сырья при сложных структурах переплетений и использовании разных заправочных ушковых гребенок разработана методика расчета расхода сырья, позволяющая определять длину заправляемой нити в каждую работающую гребенку и общий расход каждого вида нити, как в каждой гребенке, так и в целом на заказ.

Так как в каждом переплетении, в каждой гребенке могут встречаться разные типы петель и их разное количество, и, следовательно, раппорты по высоте для разных гребенок могут быть разными. Нами введено понятие – общий раппорт структуры сетеполотна по высоте, который равен большему раппорту по высоте одного из переплетений, вырабатываемых на одной из гребенок. Раппорты по высоте других переплетений, вырабатываемых на других гребенках, должны быть всегда кратны общему раппорту.

Следует отметить, что каждая гребенка может заправляться разными видами основной нити, например, из синтетического волокна – On без обкрутки дополнительной нитью Dn , или из синтетического волокна с обкруткой дополнительной нитью Dn из натурального волокна или любой другой текстильной нитью или пряжей. Обкрученную нить обозначим – On_obkrDn . Иногда в одну ушковину заправляют сразу две нити, которые работа-

ют одновременно, для обозначения такой нити используем следующее обозначение On_{Dn} .

Технологу, выполняющему расчет, необходимо знать площадь полотна S_1 , получаемую после вязания:

$$S_1 = S_2 K_{osn},$$

где S_2 – площадь, указанная заказчиком в договоре; K_{osn} – коэффициент отношения площадей образцов сетеполотен, соответственно, до отделки и после нее, определяемый при экспериментальной отработке технологического процесса.

Кроме этого, производитель должен знать необходимую общую массу сырья, расходуемую на заказанную площадь полотна, соответствующую площади полотна S_1 после вязания. Так как в процессе наладки оборудования, подготовки сырья к вязанию и в процессе производства заказа могут появиться отходы, то масса сырья для выполнения заказа необходимой площади S_1 должна быть заказана с учетом отходов и потерь, то есть общая необходимая масса сырья на заказ должна быть равна $M_{sothpot}$ – массе полотна после вязания с учетом отходов и потерь (г).

Всю необходимую массу сырья $M_{sothpot}$, расходуемую на заказ, можно рассчитать, зная поверхностную плотность R_{on} полотна до отделки, полученного после вязания, и необходимую площадь полотна S_1 после вязания.

$$M_{sothpot} = (R_{on} S_1) \left(1 + \frac{PR_{oth}}{100} + \frac{PR_{pot}}{100} \right), \quad (1)$$

$$L_{ptr} = 2B + \sqrt{t^2 + B^2}, \quad L_{psuk} = 2B + \sqrt{4t^2 + B^2}, \quad L_{pcep} = 3B,$$

где B – высота петли, t – игольный шаг.

Определив экспериментально массу одного метра $m_1 m_{on}$ основной нити в граммах и зная линейную плотность TEX_{Dn} (г/км) дополнительной нити, рассчитаем массу одного метра $m_1 m_{Dn}$ дополнительной нити в граммах.

Теперь зададимся процентами отходов PR_{oth} и потерь PR_{pot} и определим их сум-

где PR_{oth} – процент отходов; PR_{pot} – процент потерь.

Остальные характеристики полотна при выполнении расчета используются также по показателям полотна до окончательной отделки, например: плотность полотна по горизонтали после вязания – P_{g1} ; плотность полотна по вертикали после вязания – P_{v1} и другие.

Зная класс используемой для вязания основовязальной машины K , технолог должен определить игольный шаг t (мм). Если заказанная ширина полотна после вязания (м) S_{h1} , а площадь полотна заказа после вязания (м²) S_1 , то его длина после вязания (м) L_1 будет равна:

$$L_1 = \frac{S_1}{S_{h1}}.$$

Используя формулу (1), определяем необходимую массу $M_{sothpot}$ расходуемого сырья на заказ. Зная плотность полотна по горизонтали после вязания P_{g1} и ширину полотна, определяем число работающих игл I_z на машине, обеспечивающих получение полотна необходимой ширины S_{h1} :

$$I_z = 10 S_{h1} P_{g1}.$$

А зная плотность полотна по вертикали после вязания P_{v1} , определим высоту петли B . Теперь рассчитаем длину петель (мм) переплетений трико L_{ptr} , сукно L_{psuk} и цепочки L_{pcep} . Для расчета этих параметров используем формулы:

марное значение PR_{othpot} , также в процентах (%):

$$PR_{othpot} = PR_{oth} + PR_{pot}.$$

Потери составляют обычно так называемые невидимые угары, имеющиеся в производстве, которые образуются от осыпания микрочастиц волокон сырья разного вида в процессе обкрутки, сновки и вязания.

После выполнения предварительных расчетов, зная номера гребенок, работающих данное переплетение, например, 1, 2, 3, 4, 5, 6, приступаем непосредственно к расчетам расхода сырья последовательно для каждой работающей гребенки.

Для выполнения расчетов расхода сырья каждой работающей гребенкой технолог, выполняющий расчеты, должен знать, например, для первой гребенки:

1. Структуру переплетения, используемого на гребенке, допустим, сукно – С.

2. Тип нити в данной гребенке, например, дополнительная нить – D_n .

3. Высоту раппорта переплетения $R_{apv1(pet)} = 2$.

4. Проборку нитей в данной гребенке, например, $R_{rob1} = 1 - 0$.

5. Ширину раппорта проборки данной гребенки $R_{apg1} = 2$.

6. Число заправленных ушковин гребенки в раппорте проборки $Z_{apr ushk1} = 1$.

7. Число триковых петель в раппорте по высоте, если они имеются, допустим, $tr_1 = 0$.

8. Число суконных петель в раппорте по высоте, если они имеются, допустим, $suk_1 = 2$.

9. Число петель цепочки в раппорте по высоте, если они имеются, допустим, $cep_1 = 0$.

Зная указанную информацию о переплетении, можно приступить к расчетам. Определяем коэффициент заполнения для данной – первой гребенки по формуле:

$$K_{zap1} = \frac{Z_{apr ushk1}}{R_{apg1}} = 0,5. \quad (2)$$

Аналогичную информацию технолог должен знать для каждой работающей гребенки.

Далее необходимо выполнить выбор общего раппорта структуры и затем рассчитать дополнительные коэффициенты. Высота общего раппорта структуры R_{str} выбирается по большей величине раппортов переплетений работающих гребенок, допустим, для первой гребенки $R_{apv1} = 2$, для второй $R_{apv2} = 4$, для третьей $R_{apv3} = 4$, $R_{apv4} = 4$, $R_{apv5} = 0$, $R_{apv6} = 1$, тогда $R_{str} = 4$. Затем определяем длину общего раппорта по высоте структуры L_{pstr} (мм) и коэффи-

циент увеличения числа каждого вида петель K_r в общем раппорте. Для данной – первой гребенки L_{pstr} и K_{r1} , равны, соответственно:

$$L_{pstr} = BR_{str} \quad K_{r1} = \frac{R_{str}}{R_{apv1}},$$

где B – высота петли (мм); R_{apv1} – раппорт переплетения по высоте в данной гребенке.

Теперь приступаем к расчету длины основной или дополнительной нитей, заправленной в одну ушковину гребенки, для которой выполняется расчет. В данном случае выполняем расчет для гребенки, названной первой и обозначенной цифрой 1.

Для первой гребенки, если при вязании переплетения на этой гребенке отсутствуют петли трико и цепочки, то при определении количества петель, имеем:

1. Количество триковых петель в общем раппорте структуры по высоте в первой гребенке

$$tr_{pet1} = tr_1 K_{r1} = 0.$$

2. Количество суконных петель в общем раппорте структуры по высоте в первой гребенке

$$Suk_{pet1} = suk_1 K_{r1} = 4.$$

3. Количество петель цепочки в общем раппорте структуры по высоте в первой гребенке

$$Cep_{pet1} = cep_1 K_{r1} = 0.$$

Зная количество и длины петель каждого вида, рассчитываем:

1. Длину дополнительной нити триковых петель в общем раппорте структуры по высоте в одной ушковине $L_p D_{ntr1}$ первой гребенки (мм):

$$L_p D_{ntr1} = L_{ptr} tr_{pet1}.$$

2. Длину дополнительной нити суконных петель в общем раппорте структуры по высоте в одной ушковине $L_p D_{nsuk1}$ первой гребенки (мм):

$$L_p D_{nsuk1} = L_{psuk} suk_{pet1}.$$

3. Длину дополнительной нити петель цепочки в общем раппорте структуры по высоте в одной ушковине $L_p D_{ncep1}$ первой гребенки (мм):

$$L_p D_{ncep1} = L_{pcep} cep_{pet1}.$$

4. Длину дополнительной нити в общем раппорте по высоте в одной ушковине – $\text{Sum}_1 L_p D_n$ первой гребенки (мм):

$$\text{Sum}_1 L_p D_n = L_p D_{n_{tr1}} + L_p D_{n_{suk1}} + L_p D_{n_{cep1}}.$$

Тогда суммарная длина дополнительной нити в общем раппорте по высоте во всех заправленных ушковицах – $\text{Sum} G_1 L_p D_n$ первой гребенки (м) будет равна:

$$\text{Sum} G_1 L_p D_n = \frac{\text{Sum}_1 L_p D_n I_z K_{zap1}}{1000},$$

$$L_{uchk} D_{n_{sothpot1}} = \frac{\text{Sum}_1 L_p D_n N_{rap}}{1000} \left(1 + \frac{PR_{oth}}{100} + \frac{PR_{pot}}{100} \right).$$

Длина дополнительной нити, заправленной во все ушковицы первой гребенки, с отходами и потерями $L_{Dn_{sothpot1}}$ будет равна (м):

$$L_{Dn_{sothpot1}} = L_{uchk} D_{n_{sothpot1}} I_z K_{zap1}.$$

Аналогичным способом можно рассчитать количество основной нити On , если заправляется в ушковицы гребенки только нить On , а также если нить On заправляется одновременно в одну ушковицу с дополнительной нитью Dn , то есть используется нить On_{Dn} . В этом случае длина заправляемой в ушковицу основной нити On равна длине дополнительной нити Dn .

Наиболее сложно выполнить расчет при использовании основной нити On , об-

если I_z – количество игл, вырабатывающих структуру разработанного полотна; K_{zap1} – коэффициент заполнения ушковиц в первой гребенке, равен 0,5.

Если количество общих раппортов N_{rap} структуры на всей длине полотна заказа:

$$N_{rap} = L_1 \frac{1000}{(B \cdot R_{str})},$$

то длина дополнительной нити, заправленной в одну ушковицу первой гребенки, с отходами и потерями $L_{uchk} D_{n_{sothpot1}}$ составит (м):

крученной дополнительной нитью Dn , то есть при использовании нити On_{ObkrDn} . При такой заправке длина основной нити On определяется по той же методике, а для расчета длины дополнительной нити, которая затрачивается для обкручивания одной нити и всех нитей в одной гребенке, требуется выполнить ряд дополнительных расчетов.

1. Суммарная длина $\text{Sum} L_p On$ обкрученной основной нити On в общем раппорте по высоте во всех ушковицах всех гребенок, в которых используется дополнительная обкруточная нить – $obkrDn$ (мм). Например, если такая нить On_{obkrDn} используется во второй, третьей и четвертой гребенках, суммарная длина $\text{Sum} L_p On_{234}$ будет равна:

$$\text{Sum} L_p On_{234} = \text{Sum} G_2 L_p On + \text{Sum} G_3 L_p On + \text{Sum} G_4 L_p On,$$

где $\text{Sum} G_2 L_p On$; $\text{Sum} G_3 L_p On$; $\text{Sum} G_4 L_p On$ – суммарные длины обкрученной основной нити On в общем раппорте по высоте во всех ушковицах соответственно, второй, третьей и четвертой гребенках, в которых используется дополнительная обкруточная нить – $obkrDn$ (мм).

$$\text{Sum} L_{On_{sothpot234}} = L_{On_{sothpot2}} + L_{On_{sothpot3}} + L_{On_{sothpot4}},$$

2. Суммарную длину $\text{Sum} L_{On_{sothpot234}}$ обкрученной основной нити On во всех ушковицах всех гребенок, в которых используется дополнительная обкруточная нить – $obkrDn$ (мм) с отходами и потерями (м):

где $L_{On_{sothpot2}}$; $L_{On_{sothpot3}}$; $L_{On_{sothpot4}}$ – длины обкрученной основной нити On во всех ушковинах всех гребенок, в которых используется дополнительная обкруточная нить – $obkrDn$ (мм) с отходами и потерями (м) соответственно второй, третьей и четвертой гребенках.

$$L_{On_{sothpot}} = L_{On_{sothpot1}} + L_{On_{sothpot2}} + L_{On_{sothpot3}} + L_{On_{sothpot4}} + L_{On_{sothpot5}} + L_{On_{sothpot6}}. \quad (3)$$

Формула (3) учитывает все гребенки, в которых возможно использование основной нити. Масса всей основной нити с отходами и потерями $M_{On_{sothpot}}$, использованной на заказ (г), будет равна:

$$M_{On_{sothpot}} = L_{On_{sothpot}} m_1 m_{On},$$

В свою очередь, масса всей дополнительной нити с отходами и потерями $M_{Dn_{sothpot}}$, использованной на заказ (г), будет равна:

$$M_{Dn_{sothpot}} = M_{sothpot} - M_{On_{sothpot}},$$

$$L_{obkrDn_{sothpot}} = L_{Dn_{sothpot}} - L_{Dn_{sothpot1}} - L_{Dn_{sothpot5}} - L_{Dn_{sothpot6}},$$

где $L_{Dn_{sothpot1}}$, $L_{Dn_{sothpot5}}$, $L_{Dn_{sothpot6}}$ – длины дополнительной нити с отходами и потерями, затраченные на вязание, если они там были использованы соответственно в первой, пятой и шестой гребенках. Тогда длина дополнительной нити $L_{obkrDn_{sothpot2}}$, затраченной на обкрутку основных нитей второй гребенки с отходами и потерями (м), будет равна:

$$L_{obkrDn_{sothpot2}} = L_{obkrDn_{sothpot}} \frac{\text{SumG}_2 L_p On}{\text{SumLpOn}_{234}},$$

где $\text{SumG}_2 L_p On$ – суммарная длина обкрученной основной нити On в общем раппорте по высоте во всех ушковинах второй гребенки, SumLpOn_{234} – суммарная длина обкрученной основной нити On в общем раппорте по высоте во всех ушковинах второй, третьей и четвертой гребенках.

Длина дополнительной нити $L_{obkrDn_{sothpot3}}$, $L_{obkrDn_{sothpot4}}$, затраченной на обкрутку

Так как основная нить On может быть использована в любой из шести ушковых гребенок, имеющих на машине, то длину всей основной нити с отходами и потерями $L_{On_{sothpot}}$, использованной на заказ (м) можно рассчитать по формуле:

где $M_{sothpot}$ – общая масса сырья на заказ с отходами и потерями.

Длина всей дополнительной нити с отходами и потерями $L_{Dn_{sothpot}}$, использованной на заказ (м), составит:

$$L_{Dn_{sothpot}} = M_{Dn_{sothpot}} \frac{1000}{\text{TEXDn}},$$

где TEXDn – линейная плотность дополнительной нити Dn .

Длина дополнительной нити, затраченной на обкрутку основной нити с отходами и потерями, $L_{obkrDn_{sothpot}}$ на все гребенки (м), составит:

основных нитей соответственно третьей и четвертой гребенки с отходами и потерями (м), рассчитывается аналогично.

В свою очередь, длина дополнительной нити $L_{obkrDn_{sothpot2}}$ с отходами и потерями (м), затраченной на обкрутку основной нити одной ушковины с отходами и потерями второй гребенки, составит:

$$L_{obkrDn_{sothpot2}} = \frac{L_{obkrDn_{sothpot2}}}{I_z \cdot K_{zap2}},$$

где I_z – общее количество работающих игл на основовязальной машине, вырабатывающих структуру полотна; K_{zap2} – коэффициент заполнения второй гребенки.

Аналогично можно рассчитать длину дополнительной нити $L_{obkrDn_{sothpot3}}$ и $L_{obkrDn_{sothpot4}}$ с отходами и потерями (м), затраченной на обкрутку основной нити одной ушковины третьей и четвертой гребенок соответственно.

Вся длина дополнительной нити D_n для вязания и для обкрутки $obkrD_n$ с отходами

$$LD_{n_{sothpot}} = LD_{n_{sothpot1}} + L_{obkrD_n_{sothpot2}} + L_{obkrD_n_{sothpot3}} + L_{obkrD_n_{sothpot4}} + LD_{n_{sothpot5}} + LD_{n_{sothpot6}}$$

Масса дополнительной нити – D_n и $obkrD_n$ с отходами и потерями (r), затраченной на заказ, будет равна:

$$MD_{n_{sothpot}} = LD_{n_{sothpot}} \frac{TEXD_n}{1000}$$

Если обкруточная нить $obkrD_n$ обкручивает основную нить в два конца, то длина каждого обкручивающего конца $L_{1obkrD_n_{1sothpot3}}$ будет равна, например, для третьей гребенки, значению:

$$L_{1obkrD_n_{1sothpot3}} = \frac{L_{obkrD_n_{1sothpot3}}}{2}$$

ВЫВОДЫ

1. Проведенные по данной методике расчеты при использовании текстильных и металлических нитей показали высокие результаты совпадения расчетных и фактических данных. Отклонение результатов по массе полотна на заказ и длинам нитей на заказ, составили 1,5...2%, что входит в планируемые пределы отходов и потерь и значительно ниже ошибок, выполняемых без учета структур, использованных при вязании каждой работающей гребенки. Ошибки при использовании ранее применяемых способов расчета составляли 10...12%.

2. Предложенная методика расчета потребности сырья на заказ достаточно трудоемка и требует значительного расхода времени. С целью получения более точных результатов с минимальной затратой времени при определении потребности сырья, снижения трудозатрат при расчетах, при-

и потерями, затраченная на заказ (m), составит:

водящих к удорожанию затрат на заказ, разработанные в методике расчетные процедуры преобразованы в программный продукт [3].

3. Разработанная методика расчета расхода сырья при выработке сложных основовязанных структур трикотажа может быть использована в качестве учебного пособия при подготовке технологов трикотажного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технология трикотажного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
2. Заваруев Н.В. Разработка технологии производства металлотрикотажного трубчатого полотна технического назначения для соединения деталей: Дис...канд. техн. наук. – М.: МГУДТ, 2015.
3. Фаронов В.В. Программирование на персональных ЭВМ в среде Турбо-Паскаль. – М.: Изд-во МГТУ, 1991.

REFERENCES

1. Shalov I.I., Dalidovich A.S., Kudryavin L.A. Tekhnologiya trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984.
2. Zavaruev N.V. Razrabotka tekhnologii proizvodstva metallotrikotazhnogo trubchatogo polotna tekhnicheskogo naznacheniya dlya soedineniya detaley: Dis....kand. tekhn. nauk. – M.: MGUDT, 2015.
3. Faronov V.V. Programmirovaniye na personal'nykh EVM v srede Turbo-Paskal'. – M.: Izd-vo MGTU, 1991.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 15.10.21.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЯЗАНИЯ КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА НА БАЗЕ СТРУКТУР "СПЛИТ - ПЕТЕЛЬ"

THE TECHNOLOGY OF KNITTING KNITWEAR BASED ON THE STRUCTURES OF "SPLIT-LOOPS"

С.С. ЩУГАРЕВА, С.С. ЮХИН, О.П. ФОМИНА

S.S. SHCHUGAREVA, S.S. YUKHIN, O.P. FOMINA

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies.Design. Art))

E-mail: svetkastudent@yandex.ru

В работе описана технология получения трикотажа на базе "сплит-петель", более подробно расписан и разработан один из способов получения трикотажного полотна на базе структур "сплит-петель".

In article deals with the technology of knitwear production based on "split-loops", one of the methods of knitwear production based on "split-loops" structures being described and developed in more detail.

Ключевые слова: кулирный трикотаж, грунтовая нить, структура "сплит-петли".

Keywords: kulirniy knitwear, ground thread, structures of "split-loops".

Одним из способов получения трикотажа с новыми физико-механическими свойствами и внешним видом является преобразование его структуры путем введения в переплетение грунта дополнительных нитей.

Известны структуры и способы вязания так называемых "сплит - петель" [1], которые можно получать на всех современных плосковязальных машинах с электронным управлением.

"Сплит - петли" – это петельная структура (рис. 1 – виды сплит-петель с протяжкой: а) – одновременное направление остовов Г и Д петель (ГлДи); б) – разно-стороннее направление остовов Г и Д петель (ГиДл): Г – лицевая, Д – изнаночная), в которой через остов петли грунта (Г) протянут остов петли из дополнительной нити (Д), что в дальнейшем позволяет в структуре грунта образовывать дополнительный петельный столбик. "Сплит - петли" широко применяются при производ-

стве цельновязанного трикотажа для расширения деталей трикотажных изделий.

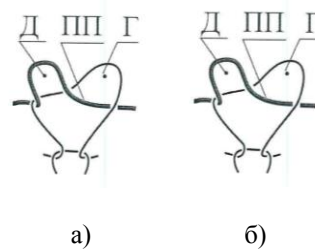


Рис. 1

Однако данный способ можно использовать и для получения трикотажа новых структур, в которых введенная в структуру грунта дополнительная нить будет протянута через остовы петель и закреплена в грунте в виде дополнительных петельных рядов без образования дополнительных петельных столбиков по ширине трикотажа.

Такие переплетения можно получать путем комбинирования последовательно-

ти выполнения процессов провязывания в структуре "сплит - петли" петельных рядов через дополнительные остоны петель (Д) и остоны петель грунта (Г) с технологическими операциями петлепереноса.

Возможны следующие варианты провязывания дополнительных петельных рядов в структуре "сплит - петля".

1. Провязывание петельных рядов через остоны петель грунта.

2. Провязывание петельных рядов через остоны петель из дополнительных нитей.

3. Поочередное провязывание петельных рядов через остоны петель грунта и остоны петель из дополнительных нитей.

4. Последовательное провязывание петельных рядов через остоны петель грунта и остоны петель из дополнительных нитей.

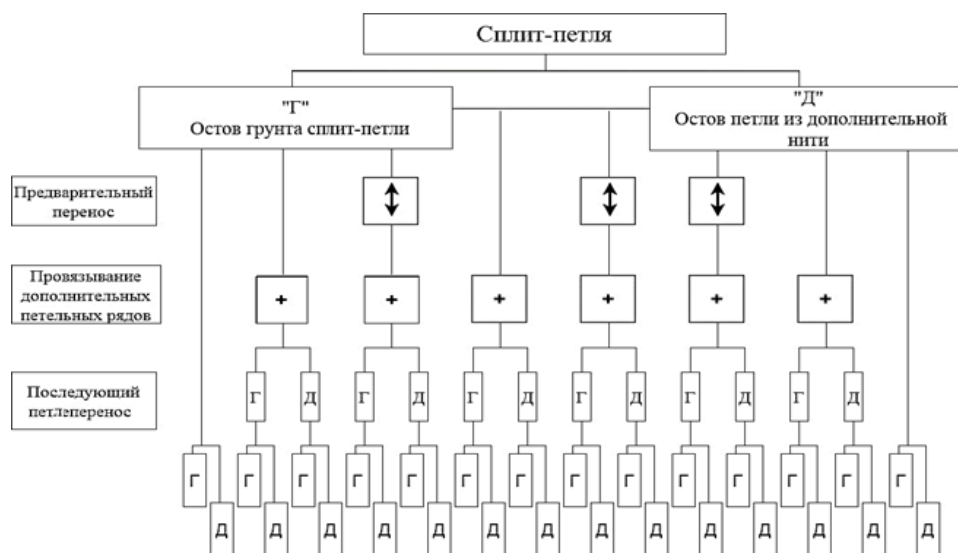


Рис. 2

На рис. 2 представлена схема возможных вариантов последовательности выполнения технологических операций вязания и петлепереноса при формировании структур трикотажа на базе "сплит - петля" без образования дополнительных петельных столбиков по ширине трикотажа.

Для реализации системы автоматизированного проектирования трикотажа на основе структур "сплит-петля" предлагается использовать логический аппарат, позволяющий математически описать процессы выработки всей совокупности петельных структур. При его разработке применяются основные понятия и определения, описанные в работе [2].

$\{P_{i,j}\}$ – множество вариантов технологических циклов i , совершаемых при взаимодействии игл с подаваемой нитью или остовами петель;

$\{Z_{\delta}\} \rightarrow \{Z_0; Z_1; Z_2; Z_3\}$, $\{Z_{\delta}\}$ – множество операций заключения, Z_0 – операция заключения на петлепередающей игле при выполнении процесса петлепереноса,

Z_1 – полное заключение, Z_2 – неполное заключение, Z_3 – операция заключения не выполняется (иглы выключены из работы).





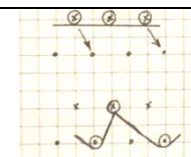
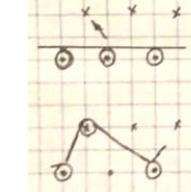
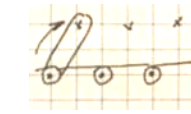
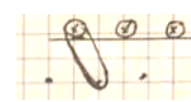
$\{P_{\delta}\} \rightarrow \{P_0; P_1\}$, $\{P_{\delta}\}$ – множество операций прокладывания, P_0 – операция прокладывания не выполняется, P_1 – операция прокладывания выполняется.

$\{Z_{\varepsilon}\} \rightarrow \{Z_0; Z_1\}$, $\{Z_{\varepsilon}\}$ – множество операций прессования (закрытие зева крючка), Z_0 – операция прессования не выполняется, Z_1 – операция прессования выполняется.

$\{K_{\lambda}\} \rightarrow \{K_1; K_2\}$, $\{K_{\lambda}\}$ – множество операций кулирования, K_1 – операция кулирования выполняется, K_2 – операция кулирования не выполняется.

Для описания выполнения технологических циклов на двухфонтурных машинах используют математическую запись в виде дроби $\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}}$, где в числителе описывается технологический цикл, выполняемый на иглах задней игольницы, а в заключение – на иглах передней игольницы.

Таблица 1

№ технол. цикла	Наименование и описание технологического цикла	Математическое описание технологического цикла	Графическое изображение
1	Технологический цикл образования петель:		
	- на иглах задней игольницы	$\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}} \rightarrow \frac{\{Z_1 + Z_0 + AP_1 + Z_1 + K_1\}}{\{Z_3\}}$	
	- на иглах передней игольницы	$\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}} \rightarrow \frac{\{Z_3\}}{\{Z_1 + Z_0 + AP_1 + Z_1 + K_1\}}$	
	- на иглах передней и задней игольницы из одной нити (ластичное переплетение)	$\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}} \rightarrow \frac{\{Z_1 + Z_0 + AP_1 + Z_1 + K_1\}}{\{Z_1 + Z_0 + AP_1 + Z_1 + K_1\}}$	
	- на иглах и задней игольницы из разных нитей (переплетение - трубчатая гладь)	$\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}} \rightarrow \frac{\{Z_1 + Z_0 + AP_1 + Z_1 + K_1\}}{\{Z_1 + Z_0 + BP_1 + Z_1 + K_1\}}$	
2	Перенос петель со съемом петли с петлепереносящей иглы:		
	- перенос петель с игл задней игольницы на иглы передней игольницы;	$\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}} \rightarrow \frac{\{Z_0 + Z_0 + P_0 + Z_1 + K_1\}}{\{Z_2 + Z_0 + P_0 + Z_0 + K_1\}}$	
	- перенос петель с игл передней игольницы на иглы задней игольницы	$\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}} \rightarrow \frac{\{Z_2 + Z_0 + P_0 + Z_0 + K_1\}}{\{Z_0 + Z_0 + P_0 + Z_1 + K_1\}}$	
3	Перенос петель без съема петли с петлепереносящей иглы (образование двоянных петель)		
	- перенос петли с игл задней игольницы на иглы передней игольницы	$\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}} \rightarrow \frac{\{Z_0 + Z_0 + P_0 + Z_0 + K_1\}}{\{Z_2 + Z_0 + P_0 + Z_0 + K_1\}}$	
	- перенос петли с игл задней игольницы на иглы передней игольницы	$\frac{\{P_{i,j}\}}{\{P_{i,j}\}} \rightarrow \frac{\{Z_2 + Z_0 + P_0 + Z_0 + K_1\}}{\{Z_0 + Z_0 + P_0 + Z_0 + K_1\}}$	

В табл. 1. (математическое описание технологических циклов вязаний и петлепереноса) приведено математическое описание отдельных технологических операций (циклов), выполненных на плосковязальной машине с пазовыми (составными) иглами при формировании трикотажных переплетений на основе структур "сплит-петель".

Комбинируя последовательность выполнения технологических циклов вязания и пет-

лепереноса согласно схеме (рис. 1) разработана технология вязания трикотажных переплетений разнообразных видов.

Данные технологии были реализованы на плосковязальном оборудовании фирмы Stoll SMS 340 TC.

Одним из наиболее интересных трикотажных переплетений, полученных при реализации данных технологий, является кулирное переплетение, в котором палочки остовов петель грунта располагаются меж-

ду протяжками петельных рядов, образованных из дополнительных нитей (рис. 3 – внешний вид трикотажного образца, образованного на базе "сплит-петли"). Такое расположение нитей в структуре грунта обеспечивает четкое закрепление дополнительных нитей в процессе эксплуатации (рис. 2). Описание технологии получения данного трикотажа приведено в табл. 2 (технология образования переплетения с усиленной фиксацией дополнительных ни-

тей в структуре грунта на базе "сплит-петель").

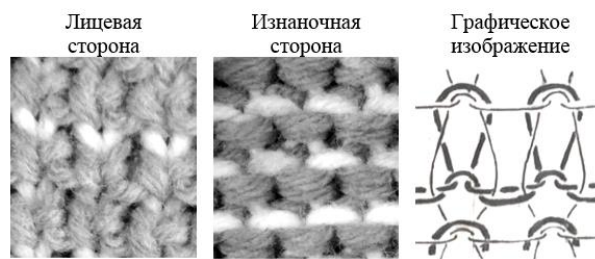


Рис. 3

Таблица 2

№	Наименование и описание технологического цикла	Математическое описание технологического цикла	Графическое изображение
1	Образование петель на нечетных иглах задней игольницы:	$\frac{P_{1(2n-1)}}{P_{1j}} \rightarrow \frac{\{Z_1 + 3_0 + AP_1 + 3_1 + K_1\}}{Z_3}$	
2	Образование двоянных петель на парных иглах соседних игольниц (перенос петель на иглы передней игольницы без их съема с игл задней игольницы)	$\frac{P_{2(2n-1)}}{P_{2(2n)}} \rightarrow \frac{\{Z_0 + 3_0 + P_0 + 3_0 + K_1\}}{\{Z_2 + 3_0 + P_0 + 3_0 + K_1\}}$	
3	Перенос петель с игл передней игольницы на сетные (свободные) иглы задней игольницы	$\frac{P_{3(2n)}}{P_{3(2n)}} \rightarrow \frac{\{Z_2 + 3_0 + P_0 + 3_0 + K_1\}}{\{Z_0 + 3_0 + P_0 + 3_1 + K_1\}}$	
4	Образование "сплит-петли". Провязывание дополнительной нити на четных иглах задней игольницы	$\frac{P_{4(2n)}}{P_{4j}} \rightarrow \frac{\{Z_1 + 3_0 + BP_1 + 3_0 + K_1\}}{Z_0}$	
5	Перенос (предварительный) петель с четных игл задней игольницы на нечетные иглы передней игольницы.	$\frac{P_{5(2n-1)}}{P_{5(2n)}} \rightarrow \frac{\{Z_0 + 3_0 + P_0 + 3_1 + K_1\}}{\{Z_2 + 3_0 + P_0 + 3_0 + K_1\}}$	
6	Провязывание с дополнительного петельного ряда на четных иглах задней игольницы	$\frac{P_{6(2n)}}{P_{6j}} \rightarrow \frac{\{Z_1 + 3_0 + BP_1 + 3_1 + K_1\}}{Z_0}$	
7	Перенос петель (последующий) грунта с нечетных игл передней игольницы на четные иглы (остовы петель из дополнительной нити В) задней игольницы	$\frac{P_{7(2n-1)}}{P_{7(2n)}} \rightarrow \frac{\{Z_2 + 3_0 + P_0 + 3_0 + K_1\}}{\{Z_0 + 3_0 + P_0 + 3_1 + K_1\}}$	

Трикотажные переплетения, полученные на основе структур "сплит-петель", разнообразны и уникальны по структуре,

свойствами и внешнему виду и могут быть использованы при выработке изделий как бытового, так и технического назначения.

ВЫВОДЫ

1. Получение трикотажа с новыми физико-механическими свойствами и внешним видом может быть достигнуто за счет преобразования его структуры путем введения в переплетение грунта дополнительных нитей.

2. На основе использования структуры "сплит-петель" доказана возможность получения трикотажных переплетений, в которых введенная в структуру грунта дополнительная нить протянута через остовы петель грунта и закреплена в виде дополнительных петельных рядов без увеличения числа петельных столбиков по ширине трикотажа.

3. На основе анализа технологических операций провязывания дополнительных петельных рядов и последовательности выполнения петлепереноса разработана схема возможных вариантов технологии получения трикотажных переплетений на основе структуры "сплит - петель" без изменения числа петельных столбиков в структуре трикотажа.

4. Для реализации системы автоматизированного проектирования трикотажа предложен логический аппарат, позволяющий математически описать процессы выработки всей совокупности трикотажных переплетений, разработанный на основе структуры "сплит-петель".

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

2. Колесникова Е.Н. Основы автоматизированных методов для проектирования технологий петлеобразования. – М.: МГУДТ, 2000.

REFERENCES

1. Kudryavin L.A., Shalov I.I. Osnovy tekhnologii trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legprombytizdat, 1991.

2. Kolesnikova E.N. Osnovy avtomatizirovannykh metodov dlya proektirovaniya tekhnologiy petleobrazovaniya. – M.: MGUDT, 2000.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 15.10.21.

УДК 677.024

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_116

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫРАБОТКИ ПЕТЕЛЬНОЙ ТКАНИ С МАКСИМАЛЬНОЙ ВЫНОСЛИВОСТЬЮ К МНОГОКРАТНОМУ РАСТЯЖЕНИЮ НИТЕЙ ОСНОВЫ

DEVELOPMENT OF OPTIMAL TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PRODUCING TERRY FABRICS WITH A MAXIMUM RESISTANCE OF THE WARP THREADS TO REPEATED STRESS

В.Ю. РОМАНОВ, С.Ю. БОЙКО

V.YU. ROMANOV, S.YU. BOYKO

(Волгоградский государственный технический университет)

(Volgograd State Technical University)

E-mail: ttp@kti.ru

В статье рассматривается вопрос об определении оптимальных технологических параметров выработки петельной ткани, обладающей максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей основы. В результате проведенных исследований были получены математические

модели зависимости выносливости нитей коренной и петельной основ к многократному растяжению от заправочных параметров ткацкого станка СТБМ-180.

На основе полученных математических моделей, с помощью метода канонического преобразования модели и методом наложения двухмерных сечений, получены оптимальные технологические параметры выработки петельной ткани.

Полученные оптимальные параметры изготовления петельной ткани обеспечивают стабильное протекание технологического процесса ткачества и получения ткани с заданными свойствами, а также приводят к улучшению ее эксплуатационных свойств.

The article deals with the question of determining the optimal technological parameters of producing terry fabric, which would have the maximum resistance of the warp threads to repeated stress. The mathematical models of the resistance of the ground and loop warp threads to repeated stress of the initial parameters of the loom STBM-180 dependence were obtained as a result of research.

Optimal technological parameters of the terry fabric development were obtained based on the mathematical models analysis by methods of both the canonical transformation model and the overlaying two-dimensional sections of response surfaces.

The obtained optimal parameters of terry cloth manufacturing provides a stable technological process of weaving and produce fabrics with desired properties, and this will lead to the improvement of its operational properties.

Ключевые слова: оптимизация, махровые ткани, ткачество, пульсатор, долговечность нити при растяжении, математическая модель.

Keywords: optimization, terry fabrics, weaving, durability tester, thread tensile durability, mathematical model.

Развитие текстильной промышленности предполагает постоянное совершенствование и улучшение как ассортимента выпускаемых тканей, так и производственных процессов. Ввиду того, что некоторые технологические процессы в текстильной промышленности относятся к категории сложных, так как характеризуются большим числом взаимодействующих факторов, поэтому от того, как точно и правильно выбраны и рассчитаны эти факторы, зависит качество тканей.

Кроме того, в связи с малым объемом исследований в области выработки петельных тканей с заданными свойствами возникает необходимость определения оптимальных заправочных параметров выработки подобных тканей.

Поэтому целью данной работы является разработка оптимальных технологиче-

ских параметров выработки петельных тканей высокого качества, а также повышения их эксплуатационных свойств без дополнительных затрат.

Анализ научных работ, посвященных исследованию многократного растяжения нитей основы на ткацком станке показал, что они подтверждают влияние условий подготовки нитей основы до ткачества и заправочных параметров ткацкого станка на прочностные характеристики нитей, а следовательно, и на обрывность нитей на ткацких станках.

Так в работах [1], [2] Кузнецова А.А., Иваненкова Д.А. проведен анализ статистического характера распределения значений выносливости текстильных нитей при испытании на многократное растяжение. Показано, что особенностью проведения испытаний на многократное растяже-

ние текстильных нитей является большой разброс показателей усталостных свойств. Это обстоятельство является следствием природы усталостного разрушения текстильного материала и результатом неоднородности его структуры.

Авторами разработана имитационная модель испытания текстильных нитей на многократное растяжение, одним из выходных результатов которой является массив значений выносливостей для испытываемых нитей.

На основе разработанной имитационной модели авторами проведен комплексный анализ влияния различных нестабильностей по механическим свойствам нити на выносливость и выделение наиболее значимых из них.

Установлено, что вариация показателей механических свойств текстильной нити приводит к закономерному снижению среднего значения выносливости. Наиболее значимым свойством нити, нестабильность по которому оказывает существенное влияние на среднее значение выносливости, является вариация по относительному разрывному удлинению. Увеличение степени гетерогенности данного свойства приводит также к закономерному увеличению коэффициента вариации по выносливости.

В другой работе [3] этих же авторов исследования влияния гетерогенности показателей механических свойств на выносливость текстильных нитей проводились на основе предложенной имитационной модели усталостного разрушения при испытании на многократное растяжение.

В результате проведенных исследований были разработаны алгоритмы статической имитации многоциклового испытания на растяжение и установлены закономерности влияния с разработкой соответствующих моделей прогноза, гетерогенности показателей механических свойств на выносливость текстильных нитей.

Терентьев М.А. и др. в своей работе [4] провели сравнительные испытания на многократное растяжение различных вариантов огнетермостойких пряж и нитей. Полученные значения усталостных характе-

ристик, в частности, показателя выносливости исследуемых вариантов огнетермостойких пряж и нитей, говорят о возможности их переработки в ткацком производстве, что, в свою очередь, открывает большие возможности для расширения ассортимента ткацких изделий, разнообразных по структуре, назначению и свойствам.

Иноземцевой Н.А. и Николаевым С.Д. предложен метод расчета обрывности основы и утка на ткацком станке по заданным свойствам [5]: по заданным выносливостям нитей к многократному растяжению и стойкости нитей к истиранию – для основы, по полуцикловым характеристикам – для утка. Для исследуемых свойств определены законы распределения вероятностей.

В статье [6] приведены результаты прогнозирования технологического процесса ткачества на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации.

Проведенные исследования показали, что максимальное воздействие на обрывность нитей основы оказывают такие параметры, как заправочное натяжение основы, величина заступа, положение скала и угол раскрытия зева. Кроме того, было установлено, что максимальное воздействие на обрывность нитей основы оказывают физико-механические свойства основных нитей, такие как выносливость нитей основы к многократному растяжению и стойкость нитей к истиранию, поэтому показатели свойств, определяемые в соответствии с требованиями стандарта, не могут позволить прогнозировать уровень обрывности нитей на ткацком станке.

Исходя из анализа этих работ, также можно сделать вывод, что в качестве входных параметров при оптимизации процесса формирования ткани использовались факторы, определяющие заправку ткацкого станка: величина заступа, высота зева, величины заправочного натяжения, положение скала относительно грудницы и др., а также факторы, определяющие строение вырабатываемой ткани.

Таким образом, испытания нитей на устойчивость к многоцикловым нагрузкам – выносливости к многократному растяжению и стойкости к истиранию, позволяют установить пригодность сырья для выработки ткани заданного строения на данном типе станка.

Базой для проведения исследований по определению свойств петельной ткани являлась лаборатория ткачества КТИ (филиала) ВолгГТУ.

В качестве объекта исследования была выбрана хлопчатобумажная петельная ткань, вырабатываемая на ткацком станке СТБМ-180 [7], [8]. Особенностью изготовления петельной ткани является то, что для ее выработки требуются две системы основных и одна система уточных нитей. Так как многоцикловые нагрузки, а именно выносливость к многократному растяжению на станке, испытывают нити основы,

то испытания проводились для коренной и петельной систем нитей основы.

Долговечность нитей при многократном растяжении определяли с помощью пульсатора ПН-5 по ГОСТ 28890–90.

В качестве входных были выбраны следующие заправочные параметры ткацкого станка СТБМ-180: заправочное натяжение нитей коренной и петельной основ, сН; величина задней части зева (вынос зева), мм [9], [10].

Для изучения влияния технологических параметров выработки петельной ткани на выносливость к многократному растяжению нитей основы использовался метод исследования – метод проведения эксперимента по матрице планирования Бокс-3.

Результаты исследования нитей вынутых из ткани на выносливость к многократному растяжению приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Заправочное натяжение коренной основы, сН		Заправочное натяжение петельной основы, сН		Вынос зева, мм		Выносливость к многократному растяжению	
	код.	нат.	код.	нат.	код.	нат.	коренная основа	петельная основа
1	+	70	+	40	+	410	6634	8500
2	–	40	+	40	+	410	6872	8300
3	+	70	–	20	+	410	5127	8900
4	–	40	–	20	+	410	6917	7600
5	+	70	+	40	–	310	6213	8811
6	–	40	+	40	–	310	6655	8610
7	+	70	–	20	–	310	6514	7800
8	–	40	–	20	–	310	6814	9110
9	+	70	0	30	0	360	6897	9210
10	–	40	0	30	0	360	6754	9420
11	0	55	+	40	0	360	6633	9020
12	0	55	–	20	0	360	5321	7950
13	0	55	0	30	+	410	6795	9020
14	0	55	0	30	–	310	6843	9150

После проведения опытов на выносливость к многократному растяжению нитей вынутых из ткани, и математической обра-

– выносливость к многократному рас-

ботке результатов экспериментальных исследований получены следующие уравнения регрессии:

тяжению коренной основы

$$Y_1 = 6576,63 - 262,7X_1 + 231,4X_2 - 69,4X_3 + 176,25X_1X_2 - 160,75X_1X_3 + 240,25X_2X_3 + 248,88X_1^2 - 599,63X_2^2 + 242,38X_3^2,$$

$$Y_2 = 9215,56 + 18,1X_1 + 188,1X_2 - 116,1X_3 + 51,38X_1X_2 + 326,13X_1X_3 - \\ - 26,38X_2X_3 + 99,44X_1^2 - 730,56X_2^2 - 130,56X_3^2.$$

На основании анализа уравнений регрессии, характеризующих двумерные сечения, и изучения графического изображения сечений поверхностей отклика можно сделать следующие выводы:

1) максимальное влияние на выносливость к многократному растяжению коренной основы оказывает заправочное натяжение нитей коренной основы;

2) максимальное влияние на выносливость к многократному растяжению петельной основы оказывает заправочное натяжение нитей петельной основы;

3) оптимальные технологические параметры выработки петельных тканей, позволяющие вырабатывать ткань с максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей коренной основы ($Y_1 = 7458$ циклов), равны: $X_1 = 40$ сН; $X_2 = 32,5$ сН; $X_3 = 410$ мм;

4) оптимальные технологические параметры выработки петельных тканей, позволяющие вырабатывать ткань с максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей петельной основы ($Y_2 = 9603$ цикла), равны: $X_1 = 40$ сН; $X_2 = 32,5$ сН; $X_3 = 310$ мм.

Для решения многокритериальной задачи был использован метод наложения двумерных сечений поверхностей отклика выходных параметров оптимизации при фиксированном параметре X_2 .

Исследуя полученное двумерное сечение поверхностей отклика, определили оптимальные технологические параметры процесса ткачества на ткацком станке СТБМ-180: $X_1 = 40$ сН; $X_2 = 32,5$ сН; $X_3 = 410$ мм.

ВЫВОДЫ

1. Получены математические модели полуматричных характеристик пряжи (выносливости к многократным нагрузкам нитей, вынутых из ткани). Установлено, что

эти характеристики ухудшают свои показатели в процессе ткачества – наибольшее ухудшение наблюдается у нитей коренной основы, наименьшее – у петельной.

2. Анализ полученных математических моделей и построенных сечений поверхностей отклика показал, что наибольшее влияние на эти характеристики оказывает заправочное натяжение нитей основы.

3. Определены оптимальные технологические параметры изготовления петельной ткани с максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей коренной и петельной основ.

4. Полученные оптимальные параметры изготовления петельной ткани на ткацком станке СТБМ-180 обеспечивают стабильное протекание технологического процесса ткачества и получения ткани с заданными свойствами, а также приводят к улучшению ее эксплуатационных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А.А., Иваненков Д.А. Прогнозирование выносливости текстильных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 6. С. 25...28.
2. Кузнецов А.А., Иваненков Д.А. Прогнозирование предела выносливости текстильных нитей методами имитационного моделирования многоциклового испытания на растяжение // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2007, № 13. С.35...39.
3. Кузнецов А.А. Построение математической модели накопления остаточной циклической деформации текстильных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1. С.10...12.
4. Терентьев М.А., Медвецкий С.С., Сергеев В.Ю. Экспериментальные исследования усталостных свойств термостойких нитей и пряж при испытании на многократное растяжение // Сб. мат. Междунар. науч.-техн. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности. – Иваново, 2008. С.205...206.
5. Иноземцева Н.А., Николаев С.Д. Расчет обрывности нитей основы и утка на ткацком станке

// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №6. С. 29...33.

6. Романов В.Ю., Назарова М.В. Разработка алгоритма автоматизированного прогнозирования технологического процесса ткачества с использованием бинарной причинно-следственной теории информации // Фундаментальные исследования. – 2012, № 11-6. С. 1475...1479.

7. Романов В.Ю. Разработка оптимальных технологических параметров выработки петельной ткани: Дис....канд. техн. наук. – М., 2009.

8. Назарова М.В., Романов В.Ю. Анализ напряженно-деформированного состояния основных нитей на ткацком станке СТБМ-180 при выработке петельных тканей // Современные проблемы науки и образования. – 2007, № 4. С. 22.

9. Юхин С.С., Назарова М.В., Романов В.Ю., Бойко С.Ю. Разработка оптимальных технологических параметров выработки петельной ткани с минимальной поверхностной плотностью // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018. № 1. С. 64...68.

10. Назарова М.В., Романов В.Ю. Влияние технологических параметров заправки ткацкого станка СТБМ-180 на натяжение нитей коренной и петельной основы // Материалы и технологии. – 2018, №1. С. 18...22.

REFERENCES

1. Kuznetsov A.A., Ivanenkov D.A. Prognozirovanie vynoslivosti tekstil'nykh nitey // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, №6. S. 25...28.

2. Kuznetsov A.A., Ivanenkov D.A. Prognozirovanie predela vynoslivosti tekstil'nykh nitey metodami imitatsionnogo modelirovaniya mnogotsiklovogo ispytaniya na rastyazhenie // Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2007, № 13. S. 35...39.

3. Kuznetsov A.A. Postroenie matematicheskoy modeli nakopleniya ostatochnoy tsiklicheskoй deformatsii tekstil'nykh nitey // Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, № 1. S.10...12.

4. Terent'ev M.A., Medvetskiy S.S., Sergeev V.Yu. Eksperimental'nye issledovaniya ustalostnykh svoystv termostoykikh nitey i pryazh pri ispytaniі na mnogokratnoe rastyazhenie // Sb. mat. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.: Sovremennye naukoemkie tekhnologii i perspektivnye materialy tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – Ivanovo, 2008. S.205...206.

5. Inozemtseva N.A., Nikolaev S.D. Raschet obryvnosti nitey osnovy i utka na tkatskom stanke // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2010, №6. S. 29...33.

6. Romanov V.Yu., Nazarova M.V. Razrabotka algoritma avtomatizirovannogo prognozirovaniya tekhnologicheskogo protsessa tkachestva s ispol'zovaniem binarnoy prichinno-sledstvennoy teorii informatsii // Fundamental'nye issledovaniya. – 2012, № 11-6. S.1475...1479.

7. Romanov V.Yu. Razrabotka optimal'nykh tekhnologicheskikh parametrov vyrabotki petel'noy tkani: Dis....kand. tekhn. nauk. – М., 2009.

8. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya osnovnykh nitey na tkatskom stanke STBM-180 pri vyrabotke petel'nykh tkaney // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2007, № 4. S. 22.

9. Yukhin S.S., Nazarova M.V., Romanov V.Yu., Boyko S.Yu. Razrabotka optimal'nykh tekhnologicheskikh parametrov vyrabotki petel'noy tkani s minimal'noy poverkhnostnoy plotnost'yu // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018. №1. S. 64...68.

10. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. Vliyanie tekhnologicheskikh parametrov zapravki tkatskogo stanka STBM-180 na natyazhenie nitey korennoy i petel'noy osnovy // Materialy i tekhnologii. – 2018, №1. S. 18...22.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 15.10.21.

УДК 677.026.444

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_122

**ПОЛУЧЕНИЕ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН
С ГИДРОФОБНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**NONWOVEN FABRICS
WITH HYDROPHOBIC PROPERTIES PRODUCTION**

М.М. БОНДАРЧУК, В.А. АНИСЬКОВА, Н.Е. ФЕДОРОВА

M.M. BONDARCHUK, V.A. ANISKOVA, N.E. FEDOROVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: bondarchuk-mm@rguk.ru; aniskova-va@rguk.ru; fedorova-ne@rguk.ru

В настоящее время одним из способов придания текстильным материалам гидрофобности является обработка поверхности текстильных волокон кремнийорганическими соединениями.

Целью исследования является способ получения нетканых материалов с гидрофобными свойствами.

Задачи исследования: изучить рецептуру гидрофобизатора кремнийорганической природы; изучить способы нанесения гидрофобизатора на волокнистую основу; разработать технологию получения нетканых материалов с гидрофобными свойствами.

В работе применялись эмпирические методы исследования: были получены рецептуры гидрофобизатора; изучены деформационно-прочностные и функциональные свойства нетканых полотен; экспериментально были установлены оптимальные условия нанесения и выбрана рецептура гидрофобизатора.

В результате исследования изучено влияние кремнийорганического гидрофобизатора винилтриэтоксисилана и способа его нанесения на волокно на прочность и гидрофобность нетканых термоскрепленных материалов. Установлено, что нанесение винилтриэтоксисилана в виде спиртового раствора дает больший гидрофобизирующий эффект, а применение водной эмульсии гидрофобизатора облегчает технологический процесс переработки волокон при производстве нетканых материалов аутогезионным способом.

Currently, one of the ways to make textile materials hydrophobic is to treat the textile fibers surface with organosilicon compounds.

The aim of the study is a method for producing non-woven materials with hydrophobic properties.

Research objectives: to study the formulation of an organosilicon hydrophobizer; to study the methods of applying a hydrophobizer to a fibrous base; to develop a technology for producing nonwovens with hydrophobic properties.

Empirical research methods were used in the work: the formulations of the hydrophobizer were obtained; the deformation-strength and functional properties of non-woven fabrics were studied; optimal application conditions were experimentally established and the formulation of the hydrophobizer was selected.

As a result of the study, the effect of the organosilicon hydrophobizer vinyltriethoxysilane and the method of its application to the fiber on the strength and hydrophobicity of non-woven thermally bonded materials was studied. It was found that the application of vinyltriethoxysilane in the form of an alcohol solution gives a greater hydrophobizing effect, and the use of an aqueous emulsion of a hydrophobizer facilitates the technological process of processing fibers in the production of nonwovens by the autohesion method.

Ключевые слова: модификация, винилтриэтоксисилан, нетканый материал, гидрофобизатор.

Keywords: modification, vinyltriethoxysilane, non-woven fabric, hydrophobizer.

Целью данной работы является получение нетканых материалов с гидрофобными свойствами по аутогезионной технологии [1...10].

Для этой цели в работе использовали гидрофобизатор кремнийорганической природы – винилтриэтоксисилан. Указанный препарат традиционно применяется для получения гидрофобных пленок на стеклах и стеклопластиках, поэтому представляло интерес изучить возможность применения винилтриэтоксисилана при выработке нетканых полотен аутогезионным способом из полиэфирных волокон.

Кроме того, олигоэтоксисилоксаны и олигоэтоксисиланы часто используют как в качестве активаторов и усилителей адгезии, так и в виде сшивающих агентов для формирования прочной ковалентной связи между адгезивом и субстратом [1...3].

Модификация поверхности субстрата предполагает незначительное изменение его химического состава путем введения в граничные и переходные слои различных функциональных групп.

Для лучшей фиксации модификатора на волокне необходимо проводить термообработку при температуре 130...160°C. При

термоударе происходит взаимодействие функциональных групп полимера волокна с активными группами модификатора с образованием физических и химических связей.

В работе был использован кремнийорганический гидрофобизатор – винилтриэтоксисилан. Свойства винилтриэтоксисилана:

- плотность d_{20}^{20} равна 1,0086 г/см³;
- показатель преломления равен 1,2216;
- молекулярная масса M равна 164 г/моль.

Модификатор в количестве 0,3...0,7% масс наносили на волокно в виде спиртового раствора или водной эмульсии методом распыления. После сушки и термообработки из модифицированных волокон формировали волокнистые холсты поверхностной плотности 100 г/м², которые скрепляли аутогезионным способом при температурах, близких к температуре размягчения полиэфирных волокон (210...230°C). Испытания материалов проводили по стандартным методикам.

Установлено, что под действием модификатора кремнийорганической природы в волокнах происходят структурные измене-

ния, которые положительно влияют на подвижность макромолекул полимера волокна, его адгезионную способность и на прочностные свойства термоскрепленного нетканого материала.

Проведенные исследования показали, что при получении нетканых полотен аутогезионным способом из модифицированных кремнийорганическим соединением волокон прочность аутогезионных соединений в материале растет, повышается и прочность нетканых материалов. Жесткость и капиллярные свойства полотен снижаются. Оптимальным является содержание 0,3% масс. винилтриэтоксисилана на волокне.

Под действием винилтриэтоксисилана происходит дезориентация макромолекул

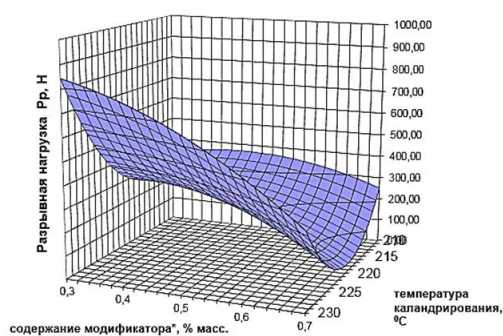


Рис. 1

полимера поверхностного слоя волокна, соответственно растут физико-механические свойства материалов аутогезионного способа скрепления. С увеличением содержания препарата на волокне растет аутогезия полимера волокна, но вводить модификатор сверх оптимального количества нецелесообразно, так как наблюдается эффект "перемасливания" и связанное с ним ухудшение физико-механических свойств материалов.

На рис. 1, 2 представлены графические зависимости разрывной нагрузки нетканого материала аутогезионного способа скрепления из модифицированных спиртовым раствором (рис. 1) и водной эмульсией (рис. 2) винилтриэтоксисилана.

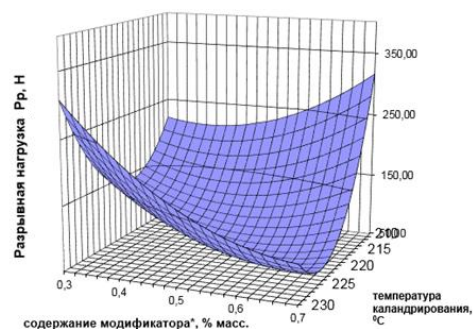


Рис. 2

Анализ графических зависимостей (рис. 1, 2) показывает, что введение водной эмульсии модификатора, приготовленной в присутствии эмульгатора, заметно снижает аутогезионные свойства полимера волокна при термоскреплении и разрывную нагрузку материала, что связано с экранированием эмульгатором активных этоксисилильных групп модификатора. Характер распределения модификатора на поверхности волокон носит классический вид, когда, в зависимости от толщины полимолекулярных слоев модификатора и характера их расположения на поверхности волокон, изменяются гидрофильно-гидрофобные и другие свойства материалов [1].

Для сравнения приведем значения физико-механических и функциональных свойств материала при нанесении спиртового раствора и водной эмульсии винилтри-

этоксисилана оптимальной концентрации, равной 0,3% масс. (рис. 3 – диаграмма свойств нетканых полотен при нанесении 0,3% масс. винилтриэтоксисилана).

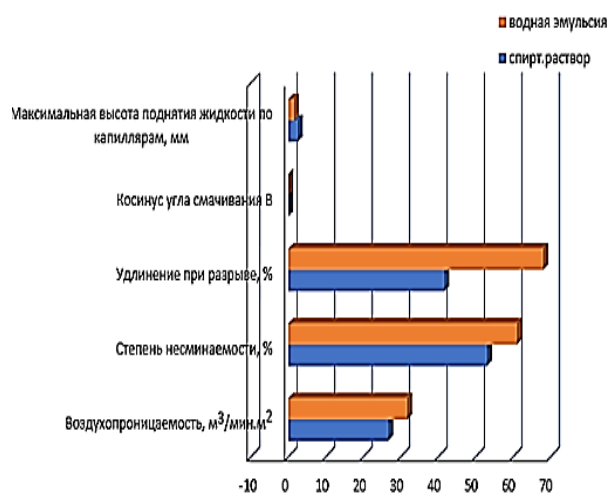


Рис. 3

Изменение свойств материалов при введении винилтриэтоксисилана можно объяснить химическим взаимодействием модификатора с функциональными группами волокна и образованием химических связей между соседними волокнами при аутогезионном скреплении.

Водная эмульсия выступает в качестве замасливателя, что вызывает скольжение волокон относительно друг друга и увеличение удлинения,

Известно, что смачивающая способность волокон увеличивается с увеличением критического поверхностного натяжения, составляющего соответственно для ПА, ПЭФ и ПП волокон – 46, 43, 37 мДж/м², то есть по своей смачивающей способности волокна располагаются в ряд: полиамидные > полиэфирные > полипропиленовые. Чем больше критическое поверхностное натяжение волокна, тем большей свободной энергией оно обладает, тем выше прочность контактов волокна с жидкостью, следовательно, лучше смачиваемость волокна [1].

Введение спиртового раствора модификатора способствует образованию большего числа аутогезионных склеек и формированию большего количества капилляров малого диаметра, что способствует более быстрому их заполнению. Применение эмульсии гидрофобизатора ускоряет процесс пропитывания материала, но снижает степень ее адсорбции полимером волокна.

ВЫВОДЫ

Показано, что при нанесении винилтриэтоксисилана на волокно молекулы препарата проникают в надмолекулярную структуру полимера волокна. Это сопровождается ослаблением межмолекулярного взаимодействия, улучшением гибкости макромолекул и снижением вязкости полимера, за счет чего обеспечивается более высокая деформация образца при одновременном снижении температур переходов полимера. Нанесение спиртового раствора модификатора приводит к повышению его адгезионной способности и повышению прочности и жесткости материала. Нанесение водной

эмульсии позволяет сохранить высокую воздухопроницаемость, несминаемость и деформационные свойства, однако эффект повышения прочности и упругости материала будет не столь значительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Su Jin Moon, Tae Jin Kang*. Effects of epoxide and silicone polymers on the mechanical and performance properties of wool fabric // *Textile research Journal*. – № 12, December 2000. P.1063.

2. Патент № 2417237 С2 Российская Федерация, МПК С08G 77/20, С08G 77/06, С08G 77/18. Олиго(алкинил)алкоксисилоксаны для модификации волокнистых материалов и способ их получения: № 2009117690/04: заявл. 12.05.2009 : опубл. 27.04.2011 / Б. А. Измайлов, В. М. Горчакова, В. А. Васнев [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный текстильный университет имени А.Н. Косыгина".

3. Патент № 2456309 С1 Российская Федерация, МПК С08G 77/18, С08G 77/06. Олигоэтоксисилоксановые производные феноксиэтанола для модификации волокнистых материалов и способ их получения: № 2011112571/04: заявл. 04.04.2011 : опубл. 20.07.2012 / В. М. Горчакова, Б. А. Измайлов, В. И. Корягин [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный текстильный университет имени А.Н. Косыгина".

4. *Николаенко Г.Р., Минлебаева М.Н.* Обзор существующих гидрофобизирующих материалов, используемых в легкой промышленности // *Вестник Технологического университета*. – 2015. Т. 18, № 17. С. 165...168.

5. *Gogoi R., Tyagi A.* Surface modification of jute fabric by treating with silane coupling agent for reducing its moisture regain characteristics // *Journal of natural fibers*. – P. 803...812, Published online: 27 Aug 2019.

6. *Лутфуллина, Г.Г., Махоткина Л.Ю., Халилова А.А.* Гидрофобизирующие эмульсии в текстильной и легкой промышленности // *Костюмология*. – 2019. Т. 4, № 1. С. 7.

7. Patent № EP3543304B1, European Patent Office. Organofunctional siloxanes, method for its preparation and use for the treatment of fillers and surfaces / Benigno Janeiro, Luis Angel Adrio Castiñeira, Jose Manuel Antelo Miguez, Pablo Barreiro Gonzalez, 2020.

8. Patent № JP2018168380A, Japan. Method for producing polymeric compositions including functionalized polymers / E. Hogan Terrence, N. Dedecker Mark, C. Kurasch Jessica, L. Nuzzi Gabrielle, Maglione Karen, Rademacher Christine, etc., 2020.

9. *Chruściel J.* Hydrosilyl-Functional Polysiloxanes: Synthesis, Reactions and Applications // *Reactive and Functional Polymers*. – Vol. 1, 2020.

10. *Абзалбекулы Б., Мунасипов С.Е., Джумабекова Г.Б., Анарова Г.С.* Исследования структурных

свойств композитных материалов для изделий легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 3. С. 66...68.

REFERENCES

1. Su Jin Moon, Tae Jin Kang. Effects of epoxide and silicone polymers on the mechanical and performance properties of wool fabric // Textile research Journal. – № 12, December 2000. P.1063.

2. Patent № 2417237 C2 Rossiyskaya Federatsiya, MPK C08G 77/20, C08G 77/06, C08G 77/18. Oligo(alkinil)alkoksisiloksany dlya modifikatsii voloknistykh materialov i sposob ikh polucheniya: № 2009117690/04: zayavl. 12.05.2009 : opubl. 27.04.2011 / B. A. Izmaylov, V. M. Gorchakova, V. A. Vasnev [i dr.] zayavitel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy tekstil'nyy universitet imeni A.N. Kosygina".

3. Patent № 2456309 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK C08G 77/18, C08G 77/06. Oligoetoksisiloksanye proizvodnye fenoksietanola dlya modifikatsii voloknistykh materialov i sposob ikh polucheniya: № 2011112571/04: zayavl. 04.04.2011 : opubl. 20.07.2012 / V. M. Gorchakova, B. A. Izmaylov, V. I. Koryagin [i dr.] zayavitel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy tekstil'nyy universitet imeni A.N. Kosygina".

4. Nikolaenko G.R., Minlebaeva M.N. Obzor sushchestvuyushchikh gidrofobiziruyushchikh materi-

alov, ispol'zuemykh v legkoy promyshlennosti // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. T. 18, №17. S. 165...168.

5. Gogoi R., Tyagi A. Surface modification of jute fabric by treating with silane coupling agent for reducing its moisture regain characteristics // Journal of natural fibers. – P. 803...812, Published online: 27 Aug 2019.

6. Lutfullina, G.G., Makhotkina L.Yu., Khalilova A.A. Gidrofobiziruyushchie emul'sii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti // Kostyumologiya. – 2019. T.4, № 1. S. 7.

7. Patent № EP3543304B1, European Patent Office. Organofunctional siloxanes, method for its preparation and use for the treatment of fillers and surfaces / Benigno Janeiro, Luis Angel Adrio Castiñeira, Jose Manuel Antelo Miguez, Pablo Barreiro Gonzalez, 2020.

8. Patent № JP2018168380A, Japan. Method for producing polymeric compositions including functionalized polymers / E. Hogan Terrence, N. Dedecker Mark, C. Kurasch Jessica, L. Nuzzi Gabrielle, Maglione Karen, Rademacher Christine, etc., 2020.

9. Chruściel J. Hydrosilyl-Functional Polysiloxanes: Synthesis, Reactions and Applications // Reactive and Functional Polymers. – Vol. 1, 2020.

10. Abzalbekuly B., Munasipov S.E., Dzhumabekova G.B., Anarova G.S. Issledovaniya strukturnykh svoystv kompozitnykh materialov dlya izdeliy legkoy promyshlennosti // Izvestiya Vysshih Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 3. S. 66...68.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 01.09.21.

УДК 677.027.625(043.3)

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_126

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

REDUCING THE FIRE HAZARD OF POLUMERIC MATERIALS OF VARIOUS CHEMICAL NATURE

М.А. СЕРЕДИНА

M.A. SEREDINA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian state University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: maseredina@mail.ru

Целью данного исследования является получение полимерных материалов из поливинилхлорида и полистирола пониженной пожарной опасности. В статье представлены результаты исследования влияния различных типов замедлителей горения на процессы термоллиза и горения поливинилхлорида и полистирола. Методами термоллиза, дифференциальной сканирующей

щей калориметрии, ИК-спектроскопии, кислородного индекса и атомно-силовой микроскопии исследованы свойства модифицированных полимерных композиций. Показано, что выход карбонизованного остатка термолиза пластифицированного поливинилхлорида зависит от типа и количества замедлителя горения, введенного в полимер. Установлена эффективность огнезащитного действия наноразмерных металлсодержащих соединений на снижение горючести пластифицированного поливинилхлорида. Кислородный индекс полимерной композиции, содержащей наночастицы оксида вольфрама, повышается с 20 до 28,5%. Исследовано влияние гидроксидов металлов на процессы термолиза и горения полистирола. Установлено, что введение в полимер до 30 % гидроксидов магния или циркония позволяет получить полимерные композиции, относящиеся к категории трудновоспламеняемых.

Все используемые оксиды и гидроксиды металлов являются экологически безопасными замедлителями горения, так как подавляют плавление и снижают дымообразование в процессах термолиза и горения полимерных композиций.

The purpose of this study is to obtain polymer materials from polyvinyl chloride and polystyrene of reduced fire hazard. The article presents the results of a study of the influence of various types of flame-retardants on the processes of thermolysis and combustion of polyvinyl chloride and polystyrene. Methods of thermolysis, differential scanning calorimetry, IR spectroscopy, oxygen index and atomic force microscopy were used for studying the properties of modified polymer compositions. It is shown that the yield of the carbonized residue of thermolysis of plasticized polyvinyl chloride depends on the type and amount of combustion retardant introduced into the polymer. The effectiveness of the flame-retardant effect of nanoscale metal-containing compounds on reducing the flammability of plasticized polyvinyl chloride has been established. The oxygen index of a polymer composition containing tungsten oxide nanoparticles increases from 20 to 28.5%. The influence of metal hydroxides on the processes of thermolysis and combustion of polystyrene has been studied. It is established that the introduction of up to 30% of magnesium or zirconium hydroxides into the polymer makes it possible to obtain polymer compositions belonging to the category of non-flammable.

All used metal oxides and hydroxides are environmentally friendly combustion retarders, since they suppress melting and reduce smoke generation in the processes of thermolysis and combustion of polymer compositions.

Ключевые слова: поливинилхлорид, полистирол, замедлители горения, термолиз, карбонизованный остаток, кислородный индекс, гидроксиды металлов, дифференциальная сканирующая калориметрия, ИК-спектроскопия, атомно-силовой микроскоп.

Keywords: polyvinyl chloride, polystyrene, flame retardants, thermolysis, carbonized residue, oxygen index, hydroxides as metals, differential scanning calorimetry, IR spectroscopy, atomic force microscope.

Анализ статистики пожаров за последние десятилетия свидетельствует о постоянном росте пожаров в большинстве стран мира. Пожары, обусловленные горением полимерных материалов, ежегодно наносят

большой ущерб различным отраслям экономики [1].

Создание полимерных материалов с повышенными пожаробезопасными характеристиками особо востребовано в таких от-

раслях, как спецодежда пожарных и работников МЧС; изготовление отделочных материалов в автомобилестроении, авиа- и судостроении, декоративных изделий в местах массового пребывания людей. Защита человека от негативных факторов пожара и создание полимерных материалов пониженной пожарной опасности является актуальной задачей [2...4].

Поливинилхлорид (ПВХ) и полистирол (ПС) занимают одно из ведущих мест среди термопластов, выпускаемых мировой промышленностью. Получаемые на их базе материалы и изделия применяются во всех отраслях промышленности, в сельском хозяйстве и быту.

ПВХ устойчив к воздействию пламени и находит применение как замедлитель горения (ЗГ) полимерной природы. Однако только около 15% от общего количества полимера применяют в виде жесткого, не содержащего пластификатора, материала. Введение пластификаторов, чаще всего эфиров фталевой и себациновой кислот, резко уменьшает устойчивость ПВХ к воздействию пламени, приводит к резкому увеличению дымообразования и необходимости применения эффективных методов снижения горючести [3], [5], [6].

Целью работы является исследование влияния различных типов замедлителей горения на снижение пожарной опасности поливинилхлорида и полистирола. Замедлители горения бывают различного состава: неорганические и органические вещества, среди них преобладают галоген-, металл- и фосфорсодержащие соединения. Большое внимание уделяется вопросам экологической безопасности средств огнезащиты. Среди новых направлений огнезащиты можно от-

метить интумесцентные системы, полимерные наноккомпозиты, различные типы коксообразователей, а также системы, модифицирующие морфологию полимера [7...10].

В работе для огнезащиты ПВХ были использованы оксиды олова и алюминия, полифосфат аммония (ПФА) и вольфрамат натрия, которые применяются для огнезащиты некоторых полимерных и волокнистых материалов [3], [5], [6]. Наиболее доступным в технологическом отношении и экологически безопасным способом является введение ЗГ в расплав полимера при формовании. Формование жилки на основе ПВХ проводили на установке Melt Indexer при 220°C. Порошок ПВХ смешивали с пластификатором диоктилфталатом (ДОФ) в количестве 35%, а затем в полимерную композицию вводили 25% ЗГ от массы композиции. При использовании бикомпонентных систем ЗГ их соотношение в полимерной композиции составляло 1:1. С целью исследования механизма огнезащитного действия ЗГ было проведено изучение процесса термоллиза ПВХ в присутствии вышеуказанных соединений и по его результатам определяли выход карбонизованного остатка (КО). Огнезащитные показатели образцов определяли методом кислородного индекса (КИ) [11] на приборе Stanton Redcroft. Исследовано влияние выхода КО термоллиза на огнезащитные показатели полимерной композиции (табл. 1).

Как видно из данных таблицы, несмотря на высокий выход КО термоллиза материалов, содержащих диоксид олова и вольфрамат натрия, КИ композиций не превышает 24...25% и все исследуемые материалы относятся к категории легковоспламеняющихся.

Т а б л и ц а 1

Состав полимерной композиции	КИ, %	КО, %
ПВХ+ДОФ	20,0	16,7
ПВХ+ДОФ+Al ₂ O ₃	23,0	30,4
ПВХ+ДОФ+ПФА	22,7	20,9
ПВХ+ДОФ+SnO ₂	25,7	36,6
ПВХ+ДОФ+Na ₂ WO ₄ ·nH ₂ O	24,2	41,4
ПВХ+ДОФ+Al ₂ O ₃ +ПФА	22,8	28,5
ПВХ+ДОФ+SnO ₂ +ПФА	25,7	34,7
ПВХ+ДОФ+Na ₂ WO ₄ ·nH ₂ O+ПФА	21,5	11,2

Анализ литературных данных показывает, что для снижения горючести термопластов могут быть использованы наноразмерные соединения оксидов и гидроксидов металлов [5], [8...10], [13], [14]. Исследо-

вано влияние выхода КО термолиза на огнезащитные показатели полимерных композиций, содержащих наноразмерные оксиды вольфрама и олова (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Состав полимерной композиции	КИ, %	КО, %
ПВХ+ДОФ	20,0	16,7
ПВХ+ДОФ+SnO ₂	25,7	34,8
ПВХ+ДОФ+WO ₃ ·nH ₂ O	26,3	35,7
ПВХ+ДОФ+WO ₃	28,5	40,8

Введение в ПВХ наночастиц оксида вольфрама приводит к повышению выхода КО термолиза до 40% по сравнению с количеством КО при термолизе композиции, содержащей наночастицы оксида олова. Причем эффективность действия наноразмерного оксида вольфрама, содержащего химически связанную воду, ниже (КИ=26,3%) по сравнению с безводным оксидом вольфрама (КИ=28,5%), а также по сравнению наноразмерным оксидом олова.

Огнезащитное действие наночастиц безводного оксида вольфрама на термолиз ПВХ было изучено методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и ИК-спектроскопии для анализа физических процессов и химических реакций, протекающих при горении. Введение ДОФ в полимерную композицию, содержащую ПВХ, приводит к смещению максимума термораспада ПВХ в область более низких температур (с 253 до 198°C). Введение наноразмерного оксида вольфрама приводит к значительным изменениям характера кривой ДСК ПВХ: тепловой эффект снижается с 21,8 до 12,48 Дж/г, а энтальпия плавления с 0,37 до 0,17 Дж/г. Для ИК-спектра полимера, содержащего оксид вольфрама, характерно появление нового пика в области 1048 см⁻¹, что свидетельствует о наличии в КО термолиза частиц WO₃. Наличие пика большой интенсивности в области от 300 до 700 см⁻¹, характерной для сопряженных углерод-углеродных связей, свидетельствует об усилении протекания реакции карбонизации ПВХ.

КО термолиза ПВХ, содержащие наноразмерные соединения, исследованы методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) на оборудовании Центра коллективного пользования РГУ имени А.Н. Косыгина – атомно-силовом микроскопе Ntegra Prima. По данным АСМ поверхность композиции ПВХ, содержащей наночастицы оксида вольфрама в отличие от характера поверхности исходного ПВХ, характеризуется наличием крупных агломератов по поверхности материала, что связано с вспениванием поверхностного слоя полимера, в результате чего происходит его взаимодействие с наночастицами оксида металла с образованием защитного слоя на поверхности полимерного материала, который экранирует его от воздействия пламени.

Объектом исследований являлся бисерный ПС, который горит с высокой скоростью и обильным выделением сажистого дыма. В качестве ЗГ для снижения горючести полистирола использовали гидроксиды магния, алюминия и циркония. Формование образцов ПС в виде жилки проводили на приборе Melt Indexer при температуре 230°C. Изучено влияние выхода КО термолиза на огнезащитные показатели полимерных композиций (табл. 3).

Частица Al(OH)₃ состоит из больших агломератов, а пенококк за счет образования воды при термолизе образует пористую структуру, что обеспечивает удаление газообразных продуктов деструкции из зоны термолиза и приводит к незначительному снижению горючести.

Наименование добавки	Содержание ЗГ в полимерной композиции, %	КО, %	КИ, %
-	0	0	17,4
Al(OH) ₃	10	31,4	17,9
Mg(OH) ₂		25,0	18,3
Zr(OH) ₄		37,2	19,2
Al(OH) ₃	20	32,7	18,3
Mg(OH) ₂		29,6	19,0
Zr(OH) ₄		40,9	23,4
Al(OH) ₃	30	35,2	21,2
Mg(OH) ₂		36,8	27,1
Zr(OH) ₄		44,3	27,5

С увеличением содержания гидроксида магния в полимерной композиции выход КО термолитиза плавно повышается. В составе Mg(OH)₂ присутствует Mg₂CO₃, и в процессе термолитиза обоих компонентов образуется MgO, H₂O и CO₂. Поэтому увеличивается количество образующегося MgO и воды, пары которой разбавляют горючие газы и экранируют поверхность полимера от воздействия кислорода [10], [13], [14]. Гидроксид циркония при термическом разложении при температуре выше 300°C образует ZrO₂ и H₂O. Количество выделившейся воды при термолитизе гидроксида циркония значительно больше, чем при термораспаде Mg(OH)₂ и Al(OH)₃.

Механизм огнезащитного действия Zr(OH)₄ для ПС, по-видимому, связан с максимальным количеством паров воды, выделяющихся при термолитизе, что обеспечивает значительное снижение температуры поверхности полимера и повышение выхода КО до 44%, а при использовании Al(OH)₃ и Mg(OH)₂ КО составляет 35...36%.

Как видно из данных табл. 3, использование всех исследуемых ЗГ приводит к повышению огнезащитных показателей ПС. Наибольшей эффективностью огнезащитного действия для ПС обладают гидроксиды магния и циркония. При введении в полимер указанных ЗГ в количестве 30% от массы полимера наблюдается увеличение КИ с 17,4 для исходного полимера до 27,1 % при использовании Mg(OH)₂ и до 27,5 % при введении Zr(OH)₄, что позволяет отнести эти материалы к категории трудновоспламеняемых.

Цирконий и его продукты получили широкое применение в ювелирной промышленности и себестоимость его достаточно высока. Поэтому применение оксидов или гидроксидов циркония в качестве ЗГ для ПС возможно только с использованием наноразмерных соединений. Гидроксид магния является широко применяемым промышленным ЗГ, не токсичен, является хорошим поглотителем дыма, а также, что немаловажно, имеет низкую стоимость.

ВЫВОДЫ

1. Установлена эффективность огнезащитного действия наноразмерного оксида вольфрама при снижении пожарной опасности пластифицированного поливинилхлорида.

2. Наиболее эффективными замедлителями горения для полистирола являются гидроксиды магния и циркония, которые экологически безопасны, предотвращают плавление и подавляют дымообразование при горении полимерных композиций.

3. Полимерные материалы из поливинилхлорида, содержащие наноксид вольфрама и на основе полистирола, модифицированные гидроксидами магния или циркония, относятся к категории трудновоспламеняемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистика пожаров.-URL: <https://pzharanet.com/pozhar/statistikapozharov.html#i-4> (дата обращения 1.12.20).

2. Константинова Н.И., Смирнов И.В., Шебеко А.Ю. К вопросу об оценке эффективности огнезащиты по-

лимерных материалов // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. Т.27, №7-8. С.32...42.

3. Ушков В.А. Воспламеняемость и дымообразующая способность полимерных композиционных материалов // Вестник МГСУ. – 2017. Т. 12, № 8. С.71...87.

4. Огнезащитные добавки для полимерных материалов: рынок, проблемы, пути решения // Полимерные материалы. – 2018, №11. С.50...58.

5. Михайлин Ю.С. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2011.

6. Середина М.А. Особенности горения и огнезащиты полимерных материалов различного химического состава // Сб. научн. тр. Междунар. научн.-технич. симпозиума: Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления Международного Косыгинского форума "Современные задачи инженерных наук". – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2019. Ч. 2. С.45...51.

7. Лаврентьева Е.П. Разработка научных основ и технологий производства текстильных материалов новых структур для специальной одежды и средств индивидуальной защиты: Дис...канд. техн. наук. – М.: МГУДТ, 2016.

8. Kashiwagi T. Flame retardant mechanism of the nanotubes based nanocomposites. Final report. Prepared for US Department of Commerce Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technoloe. – September, 2007. P.1...11.

9. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. Полимерные нанокompозиты / Под ред. Ю-Винг Май // Техносфера. – М., 2011.

10. Середина М.А. Снижение пожарной опасности полистирола // Сб. научн. тр. Междунар. научн.-технич. симпозиума: Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления Международного научно-технического форума "Первые международные Косыгинские чтения". – М.: РГУ имени А.Н.Косыгина, 2017. Том.1. Ч. 4. С.315...319.

11. ГОСТ 12.1.044–89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М.: Стандартформ, 2001.

12. Li Hong Fei., Hu Zhongwu., Zhang Sheng., Gu Xiaoyu., Hua jin Wang., Jiang Peng., Zhao Qian. Effect soft tanium dioxide on the flammability and char formation of water-based coatings containing intumescent flame retardants // Progress in Organic Coatings. – Vol. 78, 2015. P.318...324.

13. Hamdy M. Naguib. Environmental-friendly recycled Polyester/Mg(OH)₂ nanocomposite: Fire retardancy and thermal stability // Polymer Testing. – Vol. 72, 2018. P. 308...314.

14. Jing Cai, Hui-Min Heng, Xiao-Ping Hu, Qi-Kui Xu, Fei Miao. A facile method for the preparation of novel fire-retardant layered double hydroxide and its application as nanofiller in UP // Polymer Degradation and Stability. – Vol.126, 2016. P. 47...57.

REFERENCES

1. Statistika požharov.-URL: <https://pozharanet.com/pozhar/statistikapozharov.html#i-4> (data obrashcheniya 1.12.20).

2. Konstantinova N.I., Smirnov I.V., Shebeko A.Yu. K voprosu ob otsenke effektivnosti ogneshchity polimernykh materialov // Pozharovzryvbezopasnost'. – 2018. Т.27, №7-8. С.32...42.

3. Ushkov V.A. Vosplamenyayemost' i dymoobrazuyushchaya sposobnost' polimernykh kompozitsionnykh materialov // Vestnik MGSU. – 2017. Т. 12, №8. С.71...87.

4. Ogneshchitnye dobavki dlya polimernykh materialov: rynek, problemy, puti resheniya // Polimer-nye materialy. – 2018, №11. С.50...58.

5. Mikhailin Yu.S. Teplo-, termo- i ognestoykost' polimernykh materialov. – SPb.: Nauchnye osnovy i tekhnologii, 2011.

6. Seredina M.A. Osobennosti gorenija i ogneshchity polimernykh materialov razlichnogo khimicheskogo sostava// Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. simpoziuma: Sovremennye inzhenernye problemy v proizvodstve tovarov narodnogo potrebleniya Mezhdunarodnogo Kosygin'skogo foruma "Sovremennye zadachi inzhenernykh nauk". – М.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2019. Ch. 2. S.45...51.

7. Lavrent'eva E.P. Razrabotka nauchnykh osnov i tekhnologiy proizvodstva tekstil'nykh materialov novykh struktur dlya spetsial'noy odezhdy i sredstv individual'noy zashchity: Dis...kand. tekhn. nauk. – М.: MGUDT, 2016.

8. Kashiwagi T. Flame retardant mechanism of the nanotubes based nanocomposites. Final report. Prepared for US Department of Commerce Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technoloe. – September, 2007. P.1...11.

9. Yu-Ving May, Zhong-Zhen Yu. Polimernye nanokompозиты / Pod red. Yu-Ving May // Tekhnosfera. – М., 2011.

10. Seredina M.A. Snizhenie požhar'noy opasnosti polistirola // Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. simpoziuma: Sovremennye inzhenernye problemy promyshlennosti tovarov narodnogo potrebleniya Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo foruma "Pervye mezhdunarodnye Kosygin'skie chteniya". – М.: RGU imeni A.N.Kosygina, 2017. Tom.1. Ch. 4. S.315...319.

11. GOST 12.1.044–89 SSBT. Pozharovzryvopasnost' veshchestv i materialov. Nomenklatura pokazateley i metody ikh opredeleniya. – М.: Standartform, 2001.

12. Li Hong Fei., Hu Zhongwu., Zhang Sheng., Gu Xiaoyu., Hua jin Wang., Jiang Peng., Zhao Qian. Ef-fect soft tanium dioxide on the flammability and char formation of water-based coatings containing intumescent flame retardants // Progress in Organic Coatings. – Vol. 78, 2015. P.318...324.

13. Hamdy M. Naguib. Environmental-friendly recycled Polyester/Mg(OH)₂ nanocomposite: Fire retardancy and thermal stability // Polymer Testing. – Vol. 72, 2018. P. 308...314.

14. Jing Cai, Hui-Min Heng, Xiao-Ping Hu, Qi-Kui Xu, Fei Miao. A facile method for the preparation of

novel fire-retardant layered double hydroxide and its application as nanofiller in UP // Polymer Degradation and Stability. – Vol.126, 2016. P. 47...57.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 26.10.21.

УДК 66.022.389

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_132

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЫМЫВАНИЯ ОЛОВА ИЗ СУКОН И МОДЕЛЬНЫХ ПЛЕНОК

STUDY OF KINETICS OF TIN WASHING OUT FROM CLOTHES AND MODEL FILMS

Г.И. ХАЗАНОВ, М.А. АПАРУШКИНА

G.I. KHAZANOV, M.A. APARUSHKINA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: hasanov_gr_1957@rambler.ru; paxt@yandex.ru

Целью исследований является изучение возможности совмещения технологических операций антимикробной отделки и аппретирования в процессе производства технических сукон за счет применения полимерной композиции, содержащей оловоорганический латекс и эпоксидную смолу для повышения технологической эффективности их изготовления. Задачи исследования включают: изучение и анализ свойств технических сукон, поступающих на обработку, их изменение в процессе отделки. Изучена кинетика вымывания полимера и олова из сукон и модельных пленок путем снятия кинетических кривых экстракции дистиллированной водой, растворами уксусной кислоты, кальцинированной соды и неионогенного моющего средства. Показано, что количество десорбированного металла возрастает при использовании моющего средства и увеличения pH среды. Установлено, что большая часть полимера и олова сохраняется на текстильном материале после длительных влажно-тепловых обработок. Изучено влияние различных компонентов состава эпоксидная смола - оловоорганический латекс на устойчивость к микробиологическому разрушению и воздействию плесневых грибов прессовых сукон как до, так и после длительных влажно-тепловых обработок. Показано положительное влияние полимерной композиции эпоксидная смола - оловоорганический латекс на эксплуатационные свой-

ства готового изделия. При проведении эксперимента использовались методы: для определения количества десорбированных в результате влажных обработок полимеров – весовой метод; содержание олова в сукне, модельных пленках и пропитывающих растворах определялось окислением оловоорганического соединения кипящим раствором концентрированной серной кислоты и перекиси водорода с последующим образованием в кислой среде окрашенного комплекса металла с финилфлуороном; колориметрированием полученных растворов определялась концентрация олова и затем рассчитывалось его количественное содержание. Эксплуатационные свойства сукон определялись по стандартным методикам. Результаты проведенных исследований показывают целесообразность совмещения технологических операций антимикробной отделки и аппретирования, основанной на применении состава оловоорганический латекс-эпоксидная смола.

The aim of research is to study the possibility of combining the technological operations of antimicrobial finishing and sizing in the process of production of technical canvases by using a polymer composition containing tin-organic latex and epoxy resin to increase the technological efficiency of their production. Research tasks include: studying and analyzing the properties of technical cloths coming for processing, changing them in the process of finishing. Kinetics of polymer and tin washing out from cloth and model films by removal of kinetic curves of extraction with distilled water, solutions of acetic acid, soda ash and non-ionic detergent is studied. It is shown that the amount of desorbed metal increases with the use of detergent and an increase in the pH of the medium. It has been found that most of the polymer and tin are retained on the textile after prolonged wet-heat treatments. The influence of various components of the composition epoxy resin - organotin latex on resistance to microbiological destruction and the effect of mold fungi of press cloth both before and after long wet-heat treatments was studied. Positive influence of polymer composition epoxy resin - organotin latex on operational properties of finished product is shown. During the experiment the following methods were used: to determine the number of polymers desorbed as a result of wet treatments - weight method; the tin content in the felt, model films and impregnating solutions was determined by oxidation of the organotin compound with a boiling solution of concentrated sulfuric acid and hydrogen peroxide, followed by the formation of a colored metal complex with finylfluorone in an acidic medium; by colorimetry of the obtained solutions, the tin concentration was determined and then its quantitative content was calculated. The performance of the cloth was determined according to standard methods. The results of the studies show the expediency of combining the technological operations of antimicrobial finishing and sizing, based on the use of the composition of organotin latex-epoxy resin.

Ключевые слова: прессовые сукна, кинетические кривые, аппретирование, грибостойкость, полимерные биоциды, оловоорганические латексы, антимикробная отделка, модельные пленки.

Keywords: press cloth, kinetic curves, sizing, fungal resistance, polymer biocides, organotin latexes, antimicrobial finish, model films.

В настоящее время все большее применение находят полимерные биоциды в качестве противообрастающих покрытий корпу-

сов кораблей, защиты текстильных материалов, бумаги, дерева и т.д. от действия микроорганизмов [1...4].

Полимерные биоциды – это полимеры (как правило, акриловые, фенол-формальдегидные), содержащие в своем составе антимикробные препараты, присоединенные к ним химическими связями. В состав антимикробных препаратов входят: олово, свинец, ртуть, мышьяк, салициловая кислота [2]. Наиболее распространенными являются оловоорганические латексы – полиорганосилоксаны $-\text{[SnR}_2\text{-O]}_n-$, оловоорганические полиолефины $-\text{[CH}_2\text{-CH(SnR}_3\text{)]-}$ (R – алифатический радикал) и карбоцепные полимеры с боковыми органооловянными группами типа SnR_3 , в которых олово связано с углеродом не непосредственно, а через азот, кислород, серу (полиакрилаты, метакрилаты). Из всех представленных полимеров только вещества последнего вида обладают сильными биоцидными свойствами, что, по-видимому, связано с отщеплением от них иона металла [1].

Преимущества применения оловоорганических полимерных биоцидов состоят в следующем: во-первых, по сравнению с низкомолекулярными соединениями они обладают значительно меньшей токсичностью [1], [2] и, во-вторых, применительно к техническим сукнам могут позволить совмещение двух технологических стадий отделки: антимикробную отделку и аппретирование.

На производстве антимикробная отделка и аппретирование осуществляются на разном оборудовании. Вначале проводится антимикробная отделка на машинах периодического действия фирмы Кретеэн, далее следует аппретирование на пропиточно-сушильном агрегате фирмы Туне Еурека.

Препараты, применяемые при антимикробной отделке, не полностью выбираются текстильным материалом, попадают в сточные воды, что приводит к загрязнению окружающей среды. Поэтому совмещение технологических операций антимикробной отделки и аппретирования позволяет сократить длительность технологического цикла, уменьшить количество необходимого оборудования, снизить энергозатраты и расход воды, решить проблему очистки сточных вод.

Для аппретирования прессовых сукон и в других областях народного хозяйства находят применение эпоксидные смолы, которые входят в состав полимерных композиций [5...8]. Поэтому в работе использовались составы на основе эпоксидных смол.

Представленная работа является продолжением исследований, направленных на изучение возможного совмещения технологических операций антимикробной отделки и аппретирования прессовых сукон [9...11].

При эксплуатации прессовые сукна работают длительное время в условиях активной гидродинамики, подвергаются воздействию микроорганизмов. Поэтому придаваемые им антимикробные свойства повысят устойчивость к длительным влажно-тепловым обработкам. С этой целью могут быть использованы оловоорганические латексы, применение которых может позволить совместить технологические операции антимикробной отделки и аппретирования.

Изучалась кинетика вымывания олова из модельных пленок и сукон, аппретированных полимерной композицией содержащей: компоненты эпоксидной смолы Книтекс EPS и EPX по 5,5 г/л, оловоорганического латекса АБП-40 – 15 г/л при температуре термообработки 105°C. Эксперимент проводился на образцах сукна марки ИКП-13.

Оценка устойчивости эксплуатационных свойств аппретированных сукон и модельных пленок к воздействиям водных сред осуществлялась путем снятия кинетических кривых экстракции дистиллированной водой, растворами уксусной кислоты, кальцинированной соды и неионогенного моющего средства превоцелл W-OFP-100.

При экстракции параллельно с вымыванием полимера происходит удаление олова, входящего в состав латекса АБП-40.

Сравнение кинетических кривых промывки модельных пленок и аппретированных сукон дает возможность увидеть, что скорость десорбции металла из последних выше. Данное отличие, по-видимому, связано с различной толщиной полимерных пленок, затрудняющих диффузию олова в водный раствор (рис. 1 – кинетика вымыва-

ния олова из полимерных пленок в процессе экстракции и рис. 2 – кинетика вымывания олова из сукон в процессе экстракции: 1 – дистиллированной водой и растворами: 2 – уксусной кислоты; 3 – превоцелла

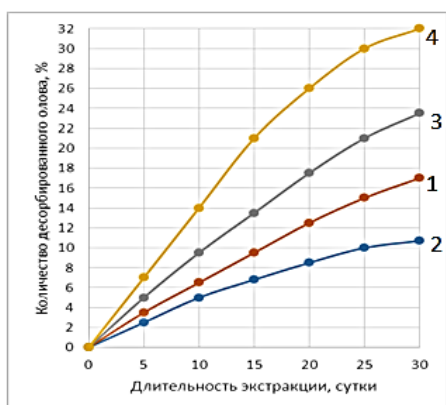


Рис. 1

WOFP-100; 4 – кальцинированной соды при 70°C; для рис. 1 обозначение кривых аналогично).

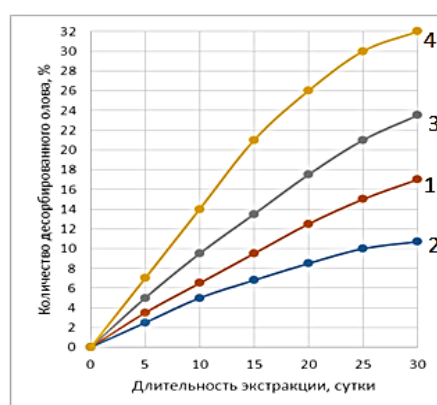


Рис. 2

Кривые вымывания оловоорганического соединения указывают на увеличение количества десорбированного металла при введении мощного средства и возрастании рН среды.

Для выявления влияния гидродинамической обстановки вблизи поверхности изделия на количество десорбированного

олова; сукна, аппретированные одним латексом АБП-40 (концентрацией 15 г/л) и по совмещенной технологии, подвергались обработке водой в условиях фильтрации, а затем испытывались на грибостойкость и устойчивость к микробиологическому разрушению (табл. 1 – влияние совмещенной технологической операции на устойчивость биостатических свойств сукон).

Таблица 1

№ п/п	Наименование отделочных препаратов	Концентрация олова на сукне, %	Грибостойкость, балл		Устойчивость к микробиологическому разрушению, %		Потеря олова от первоначального, %
			исходное	промытое	исходное	промытое	
1	Контрольный, необработанный образец	-	4	-	79	-	-
2	Оловоорганический латекс АБП-40	0,18	0	3	100	82	88,9
3	Эпоксидная смола Книтекс и оловоорганический латекс АБП-40	0,21	0	1	100	96	71,4

Изделия, обработанные только латексом АБП-40, проявляли антимикробную активность, не устойчивую к длительным влажно-тепловым воздействиям вследствие вымывания оловоорганического соединения,

связанного с акриловым полимером непрочной солевой связью. Стабильность рассматриваемых свойств существенно повышалась при совместном применении смолы Книтекс и латекса АБП-40.

ВЫВОДЫ

Обработка составом эпоксидная смола-оловоорганический латекс может быть рекомендована для аппретирования технических сукон для прессовой части бумагоделательных машин. Положительное влияние эпоксида, по-видимому, объясняется образованием на поверхности волокон полимерной пленки, препятствующей десорбции антимикробного препарата и образующей инертный барьер на пути бактерий и грибов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кочин Д.А.* Зависимость противообрастающих и физико-химических свойств олово/свинец-содержащих органических соединений от их химической структуры (включая цис- и трансизомерию) // Обрастание и биокоррозия в водных средах: сб. статей / Биологические повреждения. Ежегодник. – М.: Химия, 1981. С. 164...170.

2. *Заботин К.П.* Полимерные биоциды // Обрастание и биокоррозия в водных средах: сб. статей / Биологические повреждения. Ежегодник. – М.: Химия, 1981. С. 187...194.

3. *Cao S., Wang J.D., Chen H.S.* Progress of marine biofouling and antifouling technologies Review // Chinese Sci. Bull. – Vol.56. №7, 2011. P.598...612. doi:10.1007/s11434-010-4158-4.

4. *Narendra P.S. Chauhan.* Biocidal Polymers / Smithers-Rapra // Bhupal Nobles University. Udaipur. 2016. S. 228.

5. *Хазанов Г.И., Апарушкина М.А.* Усовершенствование технологии аппретирования прессовых сукон путем введения в состав полимерной композиции полиуретанового латекса // Сб. научн. тр. Междунар. научн.-техн. конф., посвященной 105-летию со дня рождения А.Н. Плановского: Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности (8-9 сентября 2016 г.). Том 2. – М.: МГУДТ, 2016. С. 205...207.

6. *Линьков Н.В.* Применение стеклоткани полотняного переплетения в композиционном материале для усиления деревянных конструкций // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №3. С. 75...80.

7. *Абзалова Д.А., Мырзалиев Д.С., Туранов А.А. и др.* Исследование защитных свойств покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера акрилатов холодного режима отверждения, применяемых в текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №1. С. 289...293.

8. *Abzalova D., Kambarova O., Moldagaliev A.* Aggressive environment influence on the rust composition in the vegetable oil production // Mat. za VII

международна научна практична конференция. "Най-новите научни постижения - 2013" 17-25 март 2013г. Том 15 Химия и химически технологии Екология Селско стопанство Ветеринарна наука. – София "БялГРАД-БГ" ООД, 2013.

9. *Хазанов Г.И.* Исследование возможности совмещения антимикробной отделки с аппретированием сукон для прессовой части бумагоделательных машин // Сб. научн. тр. Междунар. научн.-технич. симпозиума: Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления" Международного научно-технического форума "Первые международные Косыгинские чтения" (11-12 октября 2017 г.). Том 1. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2017. С. 141...143.

10. *Хазанов Г.И., Апарушкина М.А.* Исследование влияния рН полимерной композиции на эксплуатационные свойства прессовых сукон // Сб. научн. тр. Междунар. научн.-технич. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020). Часть 3. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2020. С. 50...52.

11. *Борисов Д.И., Тошходжаев С.Н.* Исследование устойчивости эксплуатационных свойств сукон к длительным влажно-тепловым обработкам // Сб. мат. Междунар. научн. студенческой конф.: Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2019). Часть 1. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2019. С. 33...35.

REFERENCES

1. *Kochin D.A.* Zavisimost' protivobrastayushchikh i fiziko-khimicheskikh svoystv olovo/svinets-soderzhashchikh organicheskikh soedineniy ot ikh khimicheskoy struktury (vkluychaya tsis- i transizomeriyu) // Obrastanie i biokorroziya v vodnykh sredakh: sb. statey / Biologicheskie povrezhdeniya. Ezhegodnik. – М.: Khimiya, 1981. S. 164...170.

2. *Zabotin K.P.* Polimernye biotsidy // Obrastanie i biokorroziya v vodnykh sredakh: sb. statey / Biologicheskie povrezhdeniya. Ezhegodnik. – М.: Khimiya, 1981. S. 187...194.

3. *Cao S., Wang J.D., Chen H.S.* Progress of marine biofouling and antifouling technologies Review // Chinese Sci. Bull. – Vol.56. №7, 2011. P.598...612. doi:10.1007/s11434-010-4158-4.

4. *Narendra P.S. Chauhan.* Biocidal Polymers / Smithers-Rapra // Bhupal Nobles University. Udaipur. 2016. S. 228.

5. *Khazanov G.I., Aparushkina M.A.* Usovershenstvovanie tekhnologii appretirovaniya pressovoykh sukon putem vvedeniya v sostav polimernoy kompozitsii poliuretanovogo lateksa // Sb. nauchn. tr. Mezhdu-nar. nauchn.-tekhn. konf., posvyashchennoy 105-letiyu so dnya rozhdeniya A.N. Planovskogo: Povyshenie effektivnosti protsessov i apparatov v khimicheskoy i smezhnykh otraslyakh promyshlennosti (8-9 sentyabrya 2016 g.). Tom 2. – М.: MGUDT, 2016. S. 205...207.

6. *Lin'kov N.V.* Primenenie steklotkani polotnyanogo perepleteniya v kompozitsionnom materiale dlya

usileniya derevyannykh konstruksiy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №3. S. 75...80.

7. Abzalova D.A., Myrzaliev D.S., Turanov A.A. i dr. Issledovanie zashchitnykh svoystv pokrytiy na osnove epoksidno-novolachnogo blokopolimeraksilitana kholodnogo rezhima otverzheniya, primenyaemykh v tekstil'noy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №1. S. 289...293.

8. Abzalova D., Kambarova O., Moldagaliev A. Aggressive environment influence on the rust composition in the vegetable oil production // Mat. za VII mezhdunarodna nauchna praktichna konferentsiya. "Naynovite nauchni postizheniya - 2013" 17-25 mart 2013g. Tom 15 Khimiya i khimicheski tekhnologii Ekologiya Selsko stopanstvo Veterinarna nauka. – Sofiya "Byal-GRAD-BG" OOD, 2013.

9. Khazanov G.I. Issledovanie vozmozhnosti sovmeshcheniya antimikrobnoy otdelki s appetirovaniem sukona dlya pressovoy chasti bumagodelatel'nykh mashin // Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. simpoziuma: Sovremennyye inzhenernyye problemy

promyshlennosti tovarov narodnogo potrebleniya" Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo foruma "Pervyye mezhdunarodnyye Kosygin'skie chteniya" (11-12 oktyabrya 2017 g.). Tom 1. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2017. S. 141...143.

10. Khazanov G.I., Aparushkina M.A. Issledovanie vliyaniya rN polimernoy kompozitsii na ekspluatatsionnyye svoystva pressovykh sukona // Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2020). Chast' 3. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2020. S. 50...52.

11. Borisov D.I., Toshkhodzhaev S.N. Issledovanie ustoychivosti ekspluatatsionnykh svoystv sukona k dlitel'nyy vlazhno-teplovym obrabotkam // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn. studencheskoy konf.: Innovatsionnoe razvitiye legkoy i tekstil'noy promyshlennosti (INTEKS-2019). Chast' 1. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2019. S. 33...35.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 01.09.21.

УДК 66.022

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_137

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ РАНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ С ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИМ И АНТИМИКРОБНЫМ ДЕЙСТВИЕМ*

FEATURES OF THE TECHNOLOGY FOR OBTAINING WOUND COVERINGS WITH PROTEOLYTIC AND ANTIMICROBIAL ACTION

Ю.С. ФИДОРОВСКАЯ¹, Е.О. МЕДУШЕВА¹, М.А. КОРОВИНА¹,
Г.Е. КРИЧЕВСКИЙ¹, Н.Д. ОЛТАРЖЕВСКАЯ²

YU.S. FIDOROVSKAYA¹, E.O. MEDUSHEVA¹, M.A. KOROVINA¹,
G.E. KRICHEVSKY¹, N.D. OLTARZHEVSKAYA²

(ООО "НПО Текстильпрогресс"¹, Москва,
ООО "Колетекс"², Москва)

(LLC "SPO Textilprogress"¹, Moscow,
LLC "Coletex"², Moscow)

E-mail: koletex@list.ru

Публикация посвящена разработке технологии получения раневых покрытий (гидрогель, текстильная салфетка) на биополимерной основе с включением компонентов различного биологического действия, предполагающей совмещение в одной гидрогелевой композиции растительного фермента папаина и соли серебра с сохранением специфической протеолитической и антимикробной активности указанных компонентов. Освещена проблема инактивации протеаз тяжёлыми металлами и представлено технологическое решение по сохранению активности ферментов в композиции, используемой для получения лечебных покрытий.

* Работа проводится в рамках выполнения Договора № 596ГРНТИ/63447 с ФГБУ «Фонд содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям).

This publication focuses on developing technology for wound coverings (hydrogel, textile napkin) on a biopolymer base with the inclusion of various components of biological actions. It involves the combination in one hydrogel composition of the plant enzyme papain and silver salt while maintaining the specific proteolytic activity of the enzyme and the antimicrobial properties of silver salt. The problem of inactivation of proteases by heavy metals is described and a solution of activity preservation of enzymes in the composition is presented.

Ключевые слова: гидрогелевая композиция, полимеры, растительные ферменты, серебро, гидроксипропилметилцеллюлоза, лечебные материалы, альгинат натрия, антибактериальные свойства.

Keywords: hydrogel composition, polymers, plant enzymes, silver, hypromellose, healing materials, sodium alginate, antibacterial properties.

Особенность раневого процесса на начальных (I-II) стадиях заключается в том, что инфицированная рана содержит самые разнообразные микроорганизмы, для борьбы с которыми нужен высокоэффективный антимикробный препарат широкого спектра действия. Одновременно основной задачей быстрого заживления раны является ее очищение от гнойно-некротических масс, для чего нужны протеолитические ферменты [1].

При выборе протеолитического компонента для разрабатываемой лечебной композиции остановились на ферментах растительного происхождения, а именно – ферментном комплексе из латекса папайи (папаине). Он сохраняет активность в широком температурном диапазоне, активен не только в кислых, но и в нейтральных и щелочных средах, что отвечает требованиям при разработке изделия для гнойных ран [2], [3].

При выборе антисептического агента предпочтение отдано соли серебра (AgNO_3), разрешенной для применения в медицине.

Однако совмещение протеолитического фермента и соли серебра в одной композиции осложнено возможным взаимодействием между ними, приводящим к дезактивации фермента [4], и требует разработки технологических приемов, предотвращающих потерю указанными компонентами активности, необходимой для эффективного действия создаваемых лечебных изделий.

Экспериментально установлено, что в водной среде при взаимодействии папайна и соли серебра происходит инактивация и снижение протеолитической активности (ПА) фермента. При добавлении водного раствора папайна с активностью 0,2 ПЕ/мг к раствору соли азотнокислого серебра с концентрацией 2 г/л происходит падение активности папайна на 40%, при увеличении концентрации серебра в два раза – на 75%. Следовательно, необходимо введение компонентов, которые защитили бы от снижения ПА папайна и позволили соли серебра проявить максимальную антибактериальную активность. Было принято решение остановить свой выбор на природных полимерах, иммобилизуя в них за счет физических сил фермент и антисептик. Известно, что иммобилизация лекарственных препаратов ферментов с помощью полимеров снижает потерю ими протеолитической активности. Для этого необходимо выбрать полимеры, которые, будучи инертными или, что предпочтительнее, являющиеся пролекарствами, могли бы быть "депо" для введенных лекарств и одновременно защитным коллоидом для снижения нежелательного взаимодействия папайна и соли серебра.

Создаваемая полимерная композиция должна осуществлять направленную доставку лекарственных веществ к поврежденной области, обеспечить их высвобождение в нужный момент и в оптимальном количестве, необходимом для лечения [5].

К полимеру (полимерам) предъявляются требования как со стороны области применения (хирургия), так и со стороны технологии получения готовых форм. И те, и другие требования необходимо учитывать, чтобы создать материал с комплексом заранее заданных по медицинским показаниям свойств. Для физической иммобилизации лекарств широко используются различные биополимеры, включая альгинаты – натриевые и кальциевые соли природного полисахарида, содержащегося в бурых водорослях холодных морей. С технологической точки зрения с учетом реологических свойств альгината натрия (АН) является прекрасной основой для создания многокомпонентных гидрогелевых композиций. Кроме того, АН за счет его кровоостанавливающих свойств и способности к регенерации тканей можно отнести к пролекарствам [6]. Именно поэтому нами было решено физически иммобилизовать протеолитический фермент в геле АН.

Материалы и методы

В работе использовали:

- альгинат натрия (АН) – природный полимер-полисахарид;
- папаин;
- гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ);
- серебро азотнокислое ГОСТ 1277-75 (изм. 1);
- трикотажное полотно полифункциональное ПФ-2; олно нетканое холстопршивное безниточное, особенностью которого является наличие трикотажного покрытия с одной стороны и ворсового застила с другой стороны; полотно нетканое из вискозного волокна, полученное гидроструйным способом крепления.

Влагоемкость полотен определялась по методике ГОСТ 3816-81 (ИСО 811 - 81).

Характеристики текстильных материалов представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Текстильный материал	Поверхностная плотность, г/м ²	Влагоемкость, %	рН водной вытяжки из полотна	рН водной вытяжки текст. изделия с композицией
1.Трикотажное полотно полифункциональное ПФ-2 (полиэфирная нить 35%, хлопковискозная пряжа 65%)	200	411	7,5	7,8
2.Полотно нетканое холстопршивное безниточное (вискозное волокно 100%)	150	1510	7,1	7,5
3.Полотно нетканое (вискозное волокно 100%)	90	1248	7,0	7,3

Ферментативную активность определяли, используя в качестве субстрата казеин по Гаммерстену в 1/15М фосфатном буфере рН 8,0 (метод Кунитца), а также методом Ансона, используя в качестве субстрата гемоглобин бычьей крови [2]. Отметим, что определение ПА фермента в присутствии металлов классическим методом с использованием в качестве субстрата казеина по Гаммерстену вызвало затруднения в связи с тем, что, по всей видимости, нитрат серебра вступал в реакцию с казеинатом натрия, что сопровождалось образованием

казеината серебра и выпадением его в осадок. Было решено использовать другую методику определения ПА, а именно метод Ансона, в котором в качестве субстрата используют гемоглобин. Применение данной методики позволило получить корректные результаты и определить ПА иммобилизованного папаина в присутствии серебра (около 4,0 ПЕ/г).

Эффективную вязкость геля определяли до и после стерилизации с использованием ротационного вискозиметра "Brookfield RVDV-II+Pro".

Изучение антимикробной активности проводилось на референтных штаммах *St. aureus* и *E. Coli* с применением стандартной методики подсчета КОЕ. Для культивирования *St. aureus* и *E. coli* использовали 5%-ный кровяной колумбийский агар, контролем служила исходная тест-культура. Так же использовалась тест-система Rida Count. Образцы гелей на тест-подложках помещали в портативный инкубатор Cultura при 35°C, инкубировали в течение 24 ч, затем фиксировали рост микроорганизмов или его отсутствие.

При изготовлении аппликации композиция наносилась на материал с одной стороны методом печати с определенным количеством проходов ракля через плоский шаблон с ячейкой 20 меш и последующей принудительной сушкой. Стерилизацию изделий проводили радиационным способом. Доза гамма-облучения для салфеток составляет 15 кГр, для гелей 6 кГр.

Результаты и обсуждение

Эксперимент по изучению в течение 7 дней падения ПА папаина, иммобилизованного в 7%-ном альгинатном геле, показал, что такой подход позволяет сократить падение активности фермента, которое в первый день составило 9% и 14% во второй день. В водной среде происходит падение в первый день – на 50%, во второй день на 70% от исходной ПА, достигая снижения на 88...90% в третий день. Использование АН в композиции имело еще одну цель, а именно перевод серебра в форме катиона в нано-форму, что происходит под действием этого полисахарида как восстановителя в щелочной среде. Присутствие наносеребра должно увеличить антисептические свойства композиции при меньшей концентрации $AgNO_3$ и соответственно меньшей токсичности [7], [8]. Однако опасность снижения ПА фермента в присутствии соли серебра (как и других металлов) требовала предусмотреть при построении технологического процесса защиту фермента.

После стерилизации ПА папаина, иммобилизованного в альгинатном геле, падает на 80%. Помимо того, что облучение инактивирует фермент, отмечается также его негативное влияние на структуру АН,

то есть резкое падение вязкости композиции. Учитывая это, было принято решение об использовании в разрабатываемой композиции второго полимера. Для иммобилизации фермента использовалась гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ), широко применяемая в медицине. Предположительно, являясь интактным полимером, ГПМЦ способствует уменьшению подвижности фермента, находящегося в низковязком геле в постоянном хаотичном движении. Экспериментально доказано, что добавление ГПМЦ в композицию повышает ПА папаина до стерилизации в 1,6 раз при его 1%-ном добавлении к альгинату и в 1,9 раз – при 2%-ном добавке, то есть ГПМЦ выполняет функцию стабилизатора ПА.

Другая причина использования ГПМЦ – необходимость поддержания нужных вязкостных свойств композиции. Исходя из того, что нежелательными последствиями гамма-стерилизации является инактивация фермента и резкое падение вязкости композиции за счет радиочувствительности полисахаридов по отношению к продуктам радиолитической воды, можно ожидать, что начальное повышение вязкости гидрогелей и снижение количества воды в системе будут способствовать повышению устойчивости фермента и композиции в целом. Экспериментально установлено, что введение ГПМЦ в альгинатный гель помогает стабилизировать реологические параметры. После гамма-стерилизации наблюдается увеличение вязкости в среднем в 20 раз. Однако при большом содержании ГПМЦ можно ожидать потери полезных свойств, обеспечиваемых АН, например, гемостатической активности изделий.

Для выбора оптимального соотношения полимеров был проведен анализ вязкости композиций до и после радиационной стерилизации и определение гемостатических свойств изделий. Готовили матричные растворы АН и ГПМЦ, которые в дальнейшем соединяли в единую композицию. Наилучшим признано соотношение АН 6% и ГПМЦ 2%, что обусловлено оптимальной вязкостью до стерилизации и ее меньшим падением после стерилизации. При этом ПА папаина в композиции, содержащей

АН, ГПМЦ и AgNO_3 в течение первых суток эксперимента снижается лишь на 7%. Гемостатические свойства (время остановки капиллярно-паренхиматозного кровотечения) сохраняются.

При разработке технологии получения гидрогеля было решено пойти по пути отдельного приготовления композиции из фермента и антимикробного препарата на первом этапе и иммобилизации их в структуре разных полимерных носителей с целью защиты от взаимодействия и сохранения их основных полезных свойств. Разделение протеолитического фермента и соли серебра, их "изоляция" друг от друга с помощью разных полимеров позволит обеспечить защиту фермента и сохранение его ПА, а также создаст условия для перехода серебра из формы катиона (диссоциация соли) в наноформу и усилит антимикробный эффект при меньшей концентрации и токсичности используемой соли.

Технологическая схема выглядит следующим образом: отдельно готовилась гидрогелевая композиция на основе полисахарида АН (6%), которая подвергалась набуханию и структурированию в течение 18 ч, а также 0,05%-ный раствор нитрата серебра в среде карбоната натрия, который добавляли в гидрогель; одновременно готовилась вторая композиция на основе ГПМЦ 2%, в которую после ее набухания и структурирования вводился папаин (4%), далее композиция перемешивалась, время экспозиции фермента в геле составляло не более 1 ч; затем обе композиции смешивали. Внешних признаков нежелательного взаимодействия (образования осадка, выделения газа) при совместном присутствии компонентов в геле обнаружено не было. Далее добавляли глицерин для придания гелю эластичности и атравматичности при использовании и консервант для обеспечения срока годности, после чего подвергали гамма-стерилизации в дозе 6 кГр.

Рассматривалась возможность получения двух лечебных форм: гидрогелевой композиции и салфетки с нанесенной композицией, апплицируемой на рану. Во втором случае нестерильная гидрогелевая композиция наносилась через сетчатый шаблон

на текстильный материал и после сушки подвергалась операции гамма-стерилизации.

Предварительно были проведены эксперименты по выбору текстильного материала, применяемого для салфеток. К текстильному материалу для применения в медицине в рассматриваемой форме, то есть в виде аппликации, предъявляется ряд требований, таких как гипоаллергенность, воздухопроницаемость, высокая атравматичность, устойчивость к стерилизации. Поскольку данное изделие должно обеспечивать длительное поступление биологически активных веществ из салфетки в рану, а гнойного отделяемого – из раны, одним из определяющих параметров полотна является внутренний объем и влагоемкость, а также показатель рН водной вытяжки полотна и наносимой композиции.

Вязкость композиции для печати обеспечивается АН, что позволяет не вводить второй полимер (ГПМЦ), однако необходимым условием является нанесение композиции непосредственно после ее изготовления, или не более чем через 1...1,5 ч, чтобы избежать снижения ПА фермента в водной среде за счет взаимодействия с серебром. Количество композиции и активных веществ зависит от числа проходов ракли.

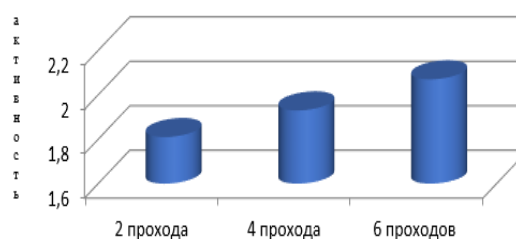


Рис. 1

На рис. 1 показана зависимость ПА иммобилизованного в альгинатном геле папаина от количества проходов ракли при печати салфетки, ПЕ/г.

Увеличение числа проходов ракли повышает концентрацию папаина и соответственно ПА салфетки. Однако при кратном увеличении числа проходов увеличение ПА папаина на см^2 поверхности становится незначительным, и поэтому было принято ре-

шение использовать четыре прохода ракли. Сушка материала после печати проводилась двумя способами: при комнатной температуре и при 70°C с обдувом горячим воздухом. Это сокращало время полного высыхания материала и способствовало снижению инактивации фермента (до 40%). Разработанная технологическая схема получения лечебных гидрогелей и салфеток представлена на рис. 2.



Рис. 2

Анализ антимикробных свойств разрабатываемых материалов подтвердил активность введенной соли $AgNO_3$ в отношении штаммов *Staphylococcus aureus* и *E. Coli*.

Экспериментальные токсикологические исследования гидрогелевого материала на основе АН и ГПМЦ и салфетки, содержащей гидрогелевый материал, предназначенных для лечения ран на I-II стадии раневого процесса, показали, что материалы по токсикологическим характеристикам относятся к IV классу малотоксичных химических веществ; их сенсибилизирующего, местно-раздражающего действия и цитотоксического действия не выявлено.

ВЫВОДЫ

Разработан технологический режим получения гидрогелевой композиции и текстильных салфеток на ее основе, обеспечивающий одновременно сохранение двух видов специфической активности действующих компонентов композиции, а именно протеолитической благодаря присутствию папаина и антимикробной ввиду присутствия соли серебра, что необходимо на начальных стадиях лечения ран в хирургии. Выбранные методы контроля позволили

подтвердить эффективность и безопасность действия материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивануса С.Я., Зубарев П.Н., Рисман Б.В., Литвинов О.А. Современные принципы лечения гнойных ран. – 2017. С.235...236.
2. Белов А.А., Ванюшенкова А.А., Досадина Э.Э., Ханафина А.А. Новые текстильные перевязочные материалы на основе биodeградируемых полимеров, содержащих протеиназы, для лечения ран и ожогов // Раны и раневая инфекция. – 2018, №1. С.17.
3. Пенджиев А.М., Абдуллаев А. Фармакологические особенности сока дынного дерева // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2017, № 1. С.36...56.
4. Игнатов И.И., Мосин О.В. Методы получения мелкодисперсных наночастиц коллоидного серебра // Интернет-журнал "Науковедение", вып. 3. – 2014. С. 16.
5. Хлыстова Т.С. Технология получения лечебных депо-материалов на текстильной и гидрогелевой основе с использованием печатных композиций из смеси биополимеров-полисахаридов: Дис.... канд. техн.наук. – М., 2015. С. 177...178.
6. Олтаржевская Н.Д., Кричевский Г.Е., Коровина М.А., Гусев И.В. Биополимеры в медицине. Лечебные депо-материалы на основе альгината натрия // Биофармацевтический журнал. – 2017. С.112.
7. Кричевский Г.Е. Зеленые и природоподобные технологии – основа устойчивого развития цивилизации. – М., 2020.
8. Darroudi M., Ahmad M.B., Zamiri R. et al. Time-dependent effect in green synthesis of silver nanoparticles // International Journal of Nanomedicine. – V. 6, 2011. P. 677...681.
9. Андреев А.А., Глухов А.А., Остроушко А.П., Карапатьян А.Р., Чуян А.О. Влияние кислотности на динамику репаративных процессов в мягких тканях // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2017, №1. С.64...71.

REFERENCES

1. Ivanusa S.Ya., Zubarev P.N., Risman B.V., Litvinov O.A. Sovremennye printsiipy lecheniya gnoynukh ran. – 2017. S.235...236.
2. Belov A.A., Vanyushenkova A.A., Dosadina E.E., Khanafina A.A. Novye tekstil'nye perevyazochnye materialy na osnove biodegradiruemykh polimerov, soderzhashchikh proteinazy, dlya lecheniya ran i ozhogov // Rany i ranevaya infektsiya. – 2018, №1. S.17.
3. Pendzhiev A.M., Abdullaev A. Farmakologicheskie osobennosti soka dynnogo dereva // Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki. – 2017, № 1. S.36...56.

4. Ignatov I.I., Mosin O.V. Metody polucheniya melkdispersnykh nanochastits kolloidnogo serebra //Internet-zhurnal "Naukovedenie", vyp. 3. – 2014. S.16.

5. Khlystova T.S. Tekhnologiya polucheniya lechebnykh depo-materialov na tekstil'noy i gidrogelevoy osnove s ispol'zovaniem pechatnykh kompozitsiy iz smesi biopolimerov-polisakharidov: Dis.... kand. tekhn.nauk. – M., 2015. S. 177...178.

6. Oltarzhevskaya N.D., Krichevskiy G.E., Korovina M.A., Gusev I.V. Biopolimery v meditsine. Lechebnye depomaterialy na osnove al'ginata natriya // Biofarmatsevticheskiy zhurnal. – 2017. S.112.

7. Krichevskiy G.E. Zelenye i prirodopodobnye tekhnologii – osnova ustoychivogo razvitiya tsivilizatsii. – M., 2020.

8. Darroudi M., Ahmad M.B., Zamiri R. et al. Time-dependent effect in green synthesis of silver nano-particles // International Journal of Nanomedicine. – V. 6, 2011. P. 677...681.

9. Andreev A.A., Glukhov A.A., Ostroushko A.P., Karapit'yan A.R., Chuyan A.O. Vliyanie kislotnosti na dinamiku reparativnykh protsessov v myagkikh tkanyakh // Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii. – 2017, №1. S.64...71.

Рекомендована заседанием НТС ООО "НПО Текстильпрогресс". Поступила 27.09.21.

УДК 547.979.8:759.4

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_143

ПОДБОР АНТИОКСИДАНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ НАТУРАЛЬНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ДЕЙСТВИЯ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

SELECTION OF ANTIOXIDANTS TO INCREASE THE STABILITY OF NATURAL DYES AGAINST UV-RADIATION AND HIGH TEMPERATURE

A.A. ГУДОК, Ф.М. НИКУЛЬНИКОВ, К. И. КОБРАКОВ, А.Г. РУЧКИНА

A.A. GUDOK, F.M. NIKULNIKOV, K.I. KOBRAKOV, A.G. RUCHKINA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: antongooodok@gmail.com, 70929@stud.rguk.ru, kobrakovk@mail.ru, ruchag@mail.ru)

Цель работы – поиск актуальных антиоксидантов, которые смогли бы защитить натуральные красители биотехнологического происхождения от окисления или распада, в зависимости от химической природы красителя, под воздействием различных факторов: бета-каротин (E160a), относительно действия УФ-излучения и красный свекольный (E162), относительно действия повышенной температуры. В работе решены следующие задачи: проанализирована актуальность использования природных красителей в областях промышленности: текстильная, легкая, полиграфическая, парфюмерно-косметическая, пищевая и другие, исследованы факторы, влияющие на окисление или распад натуральных красителей, проведен скрининг антиокислителей по таким признакам, как натуральность, безопасность, экономическая целесообразность; подобраны технологические условия, необходимые концентрации и механизмы проверки результатов. В ходе исследования выявлено, что наилучшими свойствами по защите каротиноидов от распада под воздействием УФ-излучения среди натуральных антиокислителей обладают экстракты розмарина различной концентрации и смеси токоферолов. Подобраны эффективные сочетания и концентрации. Отно-

сительно красного свекольного красителя (E162) составлен обширный список антиокислителей, которые потенциально могли бы стать эффективным средством защиты от окисления красителя под воздействием высокой температуры. По итогам исследования выбраны наиболее оптимальные антиокислители и их концентрации, а также технологические режимы. Приведены методы спектрофотометрического анализа эффективности антиокислителей, а также предложены эффективные соединения и композиции, значительно повышающие устойчивость исследованных красителей.

The purpose of the work is to search for relevant antioxidants that could protect natural dyes of biotechnological origin from oxidation or decay, depending on the chemical nature of the dye, under the influence of various factors: beta-carotene (E160a), relative to the action of UV radiation and red beetroot (E162), in relation to the action of elevated temperature. The work solved the following tasks: the relevance of the use of natural dyes in the fields of industry was analyzed: textile, light, printing, perfumery and cosmetic, food and others, factors influencing the oxidation or decomposition of natural dyes were investigated, antioxidants were screened for such features as: naturalness, safety, economic feasibility; selected technological conditions, necessary concentrations and mechanisms for checking the results. The investigation revealed that among natural antioxidants, rosemary extracts of various concentrations and a mixture of tocopherols have the best properties for protecting carotenoids from decay under the influence of UV radiation. The effective combinations and concentrations were selected. Regarding to red beetroot dye (E162), an extensive list of antioxidants has been compiled that could potentially become an effective means of protecting against oxidation of the dye under the influence of high temperatures. Based on the results of the investigation, the most optimal antioxidants and their concentrations, as well as technological modes, were selected. Methods of spectrophotometric analysis of the effectiveness of antioxidants are presented, and effective compounds and compositions are proposed that significantly increase the stability of the studied dyes.

Ключевые слова: бета-каротин, красный свекольный краситель, стабилизация, антиокислители, спектрофотометрические методы анализа, биотехнологические красители.

Keywords: beta-carotene, red beet dye, stabilization, antioxidants, natural colorants, spectrophotometric methods of analysis, biotechnological dyes.

Введение

Натуральные красители – это красители, извлекаемые из природных возобновляемых источников, таких как растения, животные и микроорганизмы. В течение последних нескольких лет экологические проблемы, связанные с применением многих синтетических красителей, поставили перед химиками задачу исследования вопроса о возможной замене синтетических красителей на натуральные аналоги. В результате такой замены уменьшится количество отходов от выпуска синтетичес-

ких красителей, снизится экологическая нагрузка, связанная с биоразложением синтетических красителей, а также будут разрабатываться новые методы использования натуральных красителей в пищевой и косметической промышленности [1].

Хорошо известно, что практика использования натуральных природных красителей охватывает различные области промышленности: текстильная, легкая, полиграфическая, парфюмерно-косметическая, пищевая и другие, заметно отличающиеся по требованиям к объемам, ассортименту,

свойствам используемых красителей. Согласно данным аналитического агентства по исследованию рынка "Research and Markets" ожидается, что к 2024 г. мировой рынок натуральных красителей принесет доход примерно в 5 миллиардов долларов. Растущая осведомленность об истощении природных ресурсов, загрязнителях, приводящих к нарушению баланса окружающей среды из-за чрезмерного использования опасных химикатов и, в частности, синтетических красителей, стимулирует поставщиков выпускать на рынок более устойчивую и безопасную альтернативу. Таким образом возобновившийся интерес к натуральным красителям побуждает к дальнейшим исследованиям в этой области с целью достижения более эффективных и экологичных перспектив и новых процессов [2], [3]. Однако технологическое использование натуральных красителей связано с проблемой нестабильности цвета при воздействии различных физико-химических факторов, при которых происходит окисление и, как следствие, уменьшение красящей способности: солнечный свет, водородный показатель рН и температура [4].

Наряду с химиками-исследователями и химиками-технологами, работающими над вышеуказанными проблемами, ряд специалистов придерживается точки зрения, что возвращение в XVIII и XIX века, с точки зрения применения технологии колорирования натуральными красителями, например, продукции текстильной или легкой промышленности, невозможно по технологическим и экономическим причинам. Логика таких заключений основана на ряде факторов: природные красители это, как правило, экстракты из различных растительных или животных источников, представляющие собой мультикомпонентные смеси органических соединений, зачастую различной химической структуры, что делает процесс выделения "чистого" красителя экономически невыгодным, а процесс колорирования специфическим и сложным. Также многие натуральные красители выделяются из пищевого растительного сырья, что противоречит принципам "Устойчивого развития общества" (УРО). Такие пигменты

для закрепления на окрашиваемом объекте требуют, как правило, применения солей тяжелых металлов, что ставит под вопрос экологичность процесса. Важный факт – низкая устойчивость самих красителей (а не их комплексов с металлами) к действию различных внешних факторов: УФ-облучение, повышение температуры, рН среды и других, что связано с особенностями их химического строения [5].

В настоящей публикации не обсуждаются отмеченные выше полемические вопросы и альтернативные варианты. Хотя отметим следующее, что иногда производство природных красителей может быть нерационально. Например, использование в качестве источника пищевых красителей растительного сырья не всегда оправдано, так как его можно использовать непосредственно для питания населения, чтобы не противоречить принципам УРО. Решением сложившейся ситуации является расширение производственных процессов получения натуральных красителей при помощи биотехнологии, то есть методами и приемами получения полезных для человека продуктов с помощью живых организмов. На сегодняшний день с помощью микроорганизмов в промышленных масштабах уже производят природные красители, такие как каротиноиды и антоцианы. Основным преимуществом микробных пищевых красителей являются: производственное масштабирование при относительно низких затратах, использование возобновляемых ресурсов, а также отсутствие влияния природных сезонных колебаний.

Однако и для красителей-аналогов, получаемых биотехнологическим путем, проблемы устойчивости относительно действия различных или комплексных факторов остаются принципиально важными с точки зрения их технологического применения.

Методы

Для исследования эффективности перспективных стабилизаторов натуральных красителей на данном этапе нами были выбраны два красителя, полученных биотехнологическим путем и обладающих различной химической структурой: бета-каротин E160a и красный свекольный E162.

Для выбора актуальных антиокислителей, способных защитить от разрушения бета-каротин, были использованы результаты работы [6]. Для красителя красный свекольный E162 взят широкий спектр наиболее доступных, безопасных и экономически целесообразных антиоксидантов. Процентный состав введения антиокислителей по отношению к массе красителей обусловлен экономической целесообразностью, а также гранью отличия показателей оптической плотности для образцов, которые не подвергались внешним факторам (введение антиокислителей более 10% к массе красителя априори снижает цветовые показатели и не позволяет объективно сравнивать образцы).

Исследования эффективности различных потенциальных антиоксидантов в случае бета-каротина проводились по следующей схеме. Смесь 0,1 мг красителя и 0,005 мг антиокислителя или смесь антиокислителей по 0,005 мг (табл. 1, строки 6,7) помещали в колбу емкостью 100 мл и добавляли при перемешивании дистиллированную воду до метки. Далее 1 мл полученной смеси перенесли в колбу, куда добавили ацетон до объема 50 мл. Полученные образцы держали на солнечном свете в течение 70 ч (светового дня, ночные часы не учитывались) при комнатной температуре. После чего проводилось исследование абсорбции на спектрофотометре Unicо 2800 на пике максимума 450 нм, против ацетона. Сравнение проводилось относительно образцов, не содержащих стабилизатора (контроль – подвергся УФ-излучению; эталон – излучению не подвергался) и содержащих стабилизатор. Принятые обозначения для исследованных

образцов с красителем бета-каротин E160a приведены в табл. 1. Результаты проведенных экспериментов приведены на рис.1 и в табл. 2 (определение оптической плотности и содержания бета-каротина при $\lambda=450$ нм в присутствии стабилизатора) в разделе "Результаты и обсуждения".

В случае красителя красный свекольный E162 исследования проводились по следующей схеме. Краситель массой 1 г и антиоксидант 0,05 (5%) г или 0,1 (10%) г помещали в колбу, добавляли дистиллированную воду до 100 мл. Полученный раствор (5 мл) перенесли в колбу на 50 мл и к нему добавили дистиллированную воду до метки 50 мл. После перемешивания образцы выдерживали в темном месте в течение 5 мин и проводили первое измерение. Затем образцы прогревались в термостате при температуре 76°C (температура пастеризации) в течение 60 мин и проводили вторые измерения. Измерения проводились на спектрофотометре Unicо 2800 при длине волны 535 нм, против дистиллированной воды. Результаты представлены в табл. 3 (определение красящей способности красного свекольного красителя E162 после 60 мин при температуре 76°C) и на рис. 2 (абсорбция красного свекольного красителя E162 до и после термообработки в присутствии стабилизаторов) в разделе "Результаты и обсуждения".

Результаты и обсуждения

На рис. 1 показаны результаты спектрофотометрического анализа абсорбции бета-каротина на 1-й и 7-й день в присутствии и без стабилизаторов, заданная длина волны 450 нм. Чем меньше высота пика – тем больше обесцвечился краситель.

Т а б л и ц а 1

№	Наименование образца	Описание
1	Эталон	Образец, не проходивший обработку светом
2	Контроль	Образец без добавления стабилизаторов
3	ОР5%	Добавление олеорезина розмарина 5% от массы красителя
4	ЭР5%	Добавление экстракта розмарина 5% от массы красителя
5	Т5%	Добавление смеси токоферолов 5% от массы красителя
6	ОРТ5%	Добавление олеорезина розмарина и смеси токоферолов по 5% от массы красителя
7	ЭРТ5%	Добавление экстракта розмарина и смеси токоферолов по 5% от массы красителя

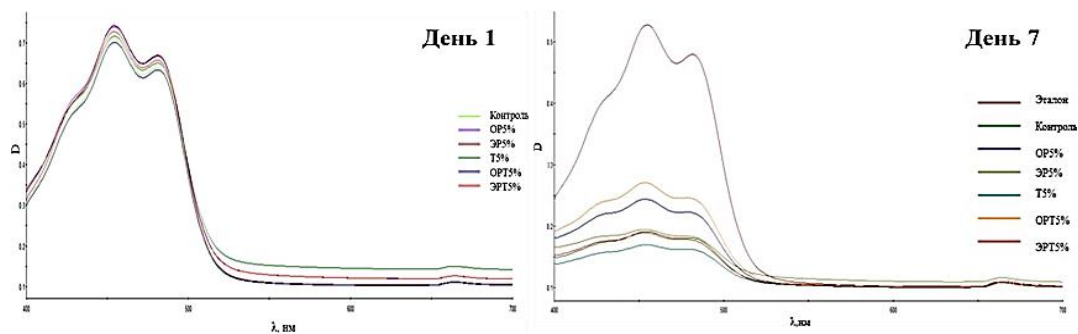


Рис. 1

Таблица 2

№	Наименование образца	Масса образца, г		OD День 1	Содержание бета-каротина (%)* День 1	OD День 7	Содержание бета-каротина (%)* День 7
		краситель W	стабилизатор				
1	Эталон	0,1013	0			0,5142	0,0992
2	Контроль	0,1003	0	0,6934	0,1351	0,1895	0,0369
3	ОР5%	0,1004	0,0301	0,7234	0,1408	0,2419	0,0471
4	ЭР5%	0,1005	0,0303	0,7255	0,1410	0,1939	0,0377
5	Т5%	0,1003	0,0302	0,7013	0,1366	0,1684	0,0328
6	ОРТ5%	0,1004	0,0303/0,0305	0,6853	0,1334	0,2682	0,0522
7	ЭРТ5%	0,1004	0,0302/0,0303	0,7121	0,1386	0,1883	0,0366

Примечание. * Расчет проводили по формуле: %БК = $\frac{OD_{\text{макс.пик}} \times D}{W \times 2559}$, где OD – поглощение разведения при 450 нм (макс. пик); D – фактор разведения, принимаем за 50; W – масса образца, г; 2559 – коэффициент поглощения для β-каротина в ацетоне.

Таким образом, было выявлено, что во всех водных растворах бета-каротина в течение недели под действием солнечного света происходит разрушение красителя, что приводит к снижению содержания основного вещества. Однако добавление олеорезина розмарина с содержанием карнозиновой кислоты 20% и его комбинация со смесью токоферолов существенно замедляет данный процесс более чем на 40%.

Анализ красящей способности свекольного красителя был произведен спектрофотометрическим методом при длине

волны 535 нм. В качестве стабилизаторов были выбраны: аскорбиновая кислота, эриторбат (изоаскорбат) натрия, пирофосфат натрия кислый, аскорбат натрия, молочная кислота (60%) и комбинация аскорбиновой кислоты и пирофосфата натрия кислого. В соответствии с известными литературными данными каждый антиокислитель был добавлен в количестве 5% и 10% к массе красящего вещества. Результаты спектрофотометрического анализа показаны на рис. 2. Чем меньше высота пика – тем больше обесцветился краситель.

Таблица 3

№	Описание образца	Краситель W	AU (535,00nm) 5 мин	AU (535,00nm) 60 мин	Красящая способность** После 60 мин (E)
1	Образец, не проходивший термообработку (эталон)	1,0015		0,4055	4,0489
2	Контроль (контроль)	1,0012	0,4116	0,3168	3,1642
3	Добавление аскорбиновой кислоты 5% к массе красителя (A5%)	1,0009	0,4129	0,3561	3,5578

4	Добавление аскорбиновой кислоты 10% к массе красителя (А10%)	1,0011	0,4066	0,3494	3,4901
5	Добавление эриторбата натрия 5% к массе красителя (Э5%)	1,0007	0,4135	0,3686	3,6834
6	Добавление эриторбата натрия 10% к массе красителя (Э10%)	1,0007	0,4114	0,3626	3,6235
7	Добавление пирофосфата натрия кислого 5% к массе красителя (Ф5%)	1,0009	0,4121	0,3682	3,6787
8	Добавление пирофосфата натрия кислого 10% к массе красителя (Ф10%)	1,0019	0,4127	0,3642	3,6351
9	Добавление аскорбата натрия 5% к массе красителя (АН5%)	1,0007	0,4084	0,3696	3,6933
10	Добавление аскорбата натрия 10% к массе красителя (АН10%)	1,0010	0,4094	0,3652	3,6483
11	Добавление молочной кислоты 5% к массе красителя (М5%)	1,0011	0,4111	0,3486	3,4822
12	Добавление молочной кислоты 10% к массе красителя (М10%)	1,0003	0,3986	0,3343	3,3419
13	Добавление аскорбиновой кислоты 5% и пирофосфата натрия кислого 2% к массе красителя (АФ5%)	1,0005	0,4102	0,351	3,5082
14	Добавление аскорбиновой кислоты 10% и пирофосфата натрия кислого 5% к массе красителя (АФ10%)	1,0010	0,4086	0,3517	3,5135

Примечание. ** Расчет красящей способности проводили по формуле: $E = \frac{OD \times 100 \times 10}{W \times 100}$, где OD – абсорбция второго раствора при $\lambda = 535$ нм (AU); W – масса свекольного концентрата, г.

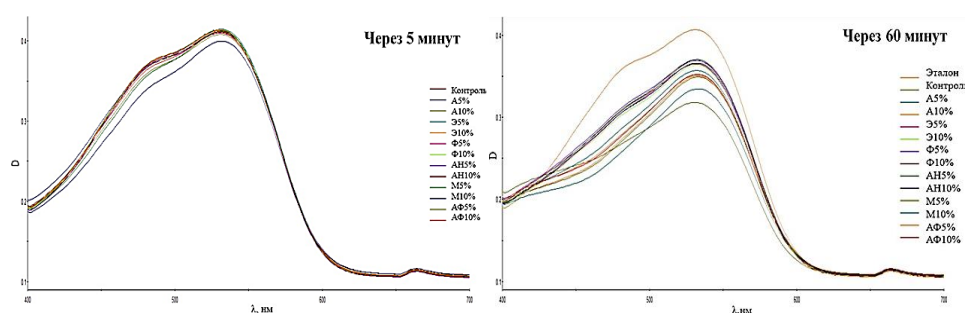


Рис. 2

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов, приведенных в табл. 2 и 3, а также на рис. 1 и 2, позволяет заключить, что наибольшей эффективностью в случае бета-каротина (Е160а) среди исследованных соединений обладает олеорезин розмарина с содержанием карно-

зиновой кислоты 20% или его комбинация со смесью токоферолов, использования которых позволяет замедлить процесс разрушения красителя почти в два раза.

2. В случае красителя красный свекольный Е162 его стабильность относительно действия высокой температуры лучше всего повышает добавление 5% к массе краси-

теля эриторбата натрия или аскорбата натрия.

3. Полученные в работе результаты позволяют наметить направления применения и поиска более эффективных антиоксидантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yusuf M., Shabbir M., Mohammad F. Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects // Natural Products and Bioprospecting. – V. 7, 2017. P. 123...145.

2. Капустина, И.В., Сангалова Е.Д. Перспективы развития российских компаний на мировом рынке натуральных пищевых красителей // Сб. тр. Всерос. научн. и учебн.-практ. конф. – В 3-х ч. – Санкт-Петербург, 2020. С. 125...129.

3. Аналитическое агентство по исследованию рынка "Research and Markets" // <https://www.businesswire.com/news/home/20190224005075/en/Global-Market-Natural-Dyes-2019-2024>

4. Sharma R. Strategies for stabilization of natural colorants. Mysore: University of Mysore. – 2005. P.3...4.

5. Болотов В.М., Нечаев А.П., Сарафанова Л.А. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение. – СПб., 2008.

6. Никульников Ф.М., Гудок А.А. Стабилизация натуральных красителей экстракта паприки и красного свекольного методами введения антиоксидантов // Всерос. научн. конф. молодых исследователей с международным участием: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (Интекс-2021). – М., 2021. С. 227...229.

REFERENCES

1. Yusuf M., Shabbir M., Mohammad F. Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects // Natural Products and Bioprospecting. – V.7, 2017. P. 123...145.

2. Kapustina, I.V., Sangalova E.D. Perspektivy razvitiya rossiyskikh kompaniy na mirovom rynke natural'nykh pishchevykh krasiteley // Sb. tr. Vseros. nauchn. i uchebn.-prakt. konf. – V 3-kh ch. – Sankt-Peterburg, 2020. S. 125...129.

3. Analiticheskoe agentstvo po issledovaniyu rynka "Research and Markets" // <https://www.businesswire.com/news/home/20190224005075/en/Global-Market-Natural-Dyes-2019-2024>

4. Sharma R. Strategies for stabilization of natural colorants. Mysore: University of Mysore. – 2005. P.3...4.

5. Bolotov V.M., Nechaev A.P., Sarafanova L.A. Pishchevye krasiteli: klassifikatsiya, svoystva, analiz, primeneniye. – SPb., 2008.

6. Nikul'nikov F.M., Gudok A.A. Stabilizatsiya natural'nykh krasiteley ekstrakta papriki i krasnogo svekol'nogo metodami vvedeniya anti-okisliteley // Vseros. nauchn. konf. molodykh is-sledovateley s mezh-dunarodnym uchastiem: Innovatsionnoye razvitiye tekhniki i tekhnologiy v promyshlennosti (Inteks-2021). – M., 2021. S. 227...229.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

**РАЗРАБОТКА СХЕМ СИНТЕЗА НА БАЗЕ 2,4,6-ТРИГИДРОКСИТОЛУОЛА
И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ,
ОБЛАДАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНЫМИ ХЕМОСОРБЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ
И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
И ПРИРОДООХРАННЫХ ЗАДАЧ**

**DEVELOPMENT OF SYNTHESIS SCHEMES
ON THE BASIS OF 2,4,6-TRIHYDROXYTOLUENE AND STUDY
OF THE PROPERTIES OF COMPOUNDS WITH EFFECTIVE,
CHEMOSORPTION PROPERTIES AND PERSPECTIVE
FOR SOLUTION OF TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL TASKS**

В.С. СЕЛЕЗНЕВ, Д.Н. КУЗНЕЦОВ, И.Н. БЫЧКОВА, К.И. КОБРАКОВ, Т.А. ИСАЕВА

V.S. SELEZNEV, D.N. KUZNETSOV, I.N. BYCHKOVA, K.I. KOBRAKOV, T.A. ISAEVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian state University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: sinntezz@mail.ru; kuznetsov-dn@rguk.ru; bychkova-in@rguk.ru;
kobrakov-ki@rguk.ru; tanya.isaeva7@yandex.ru

В работе приведены результаты проектирования (дизайна), синтеза и исследования некоторых свойств новых азопроизводных 2,4,6-тригидрокси-толуола (ТГТ), перспективных модификаторов для получения сорбционно-активных полимеров и тканей из волокон различного химического строения.

Сообщается о синтезе новых функционально замещенных производных ТГТ, содержащих различные функциональные группы как в азо- так и диазо-компоненте. Установлено, что все синтезированные соединения взаимодействуют в водно-спиртовых растворах с ионами меди и никеля, образуя комплексные соединения различного состава и устойчивости в зависимости от строения функциональных групп в молекуле и типа металла.

Синтезированными красителями окрашены образцы поликапроамидной ткани и показано, что окрашенная ткань сорбирует ионы хрома и меди из водных растворов, причем эффективность этого процесса определяется строением функциональных групп азокрасителя.

Сделан вывод о перспективности продолжения исследований, особенно с учетом того факта, что ТГТ является доступным продуктом химической трансформации 2,4,6-тринитротолуола (тротила).

The paper presents the results of the design (design), synthesis and study of some properties of new azo derivatives of 2,4,6-trihydroxytoluene (THT), promising modifiers for the production of sorption-active polymers and fabrics from fibers of various chemical structures.

The synthesis of new functionally substituted derivatives of THT containing various functional groups in both the azo and diazo components is reported. It was found that all synthesized compounds interact in aqueous-alcoholic solutions with copper and nickel ions, forming complex compounds of different composition and stability, depending on the structure of functional groups in the molecule and the type of metal.

The synthesized dyes were used to stain samples of polycapramide fabric and it was shown that the dyed fabric adsorbs chromium and copper ions from aqueous solutions, and the efficiency of this process is determined by the structure of the functional groups of the azo dye.

It was concluded that further research is promising, especially taking into account the fact that THT is an accessible product of the chemical transformation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT).

Ключевые слова: 2,4,6-тригидрокситолуол, азосоединения, хелаторы, комплексообразование, сорбционная активность, биологическая активность, токсичность.

Keywords: 2,4,6-trihydroxytoluene, azo compounds, chelators, complexation, sorption activity, biological activity, toxicity.

Настоящее исследование выполнено в рамках развиваемого на кафедре органической химии РГУ имени А.Н. Косыгина направления, связанного с раскрытием синтетического потенциала 2,4,6-тригидрокситолуола (ТГТ) – одного из продуктов химической трансформации 2,4,6-тринитротолуола (ТНТ, ТОЛ, тротил), с целью превращения последнего в доступное и недорогое сырье для малотоннажной химии.

В ранее опубликованных работах [1], [2] было показано, что ТГТ представляет собой, в частности, высокорекреационноспособный прекурсор для синтеза моно- и бисазосоединений. Вариативность строения диазосоставляющей позволяет получать азопроизводные, которые, как было установлено, являются эффективными красителями различных классов или пигментами для колорирования текстильных материалов из волокон различного химического строения.

В процессе исследования свойств синтезированных азокрасителей и окрашенных ими материалов выявлено, что ряд из них не только обеспечивают высокие эксплуатационные свойства окрасок, но и проявляют выраженную фунгицидную активность относительно грибов, развиваю-

щихся на текстильных материалах, обладают высокой термической устойчивостью, индикаторными свойствами.

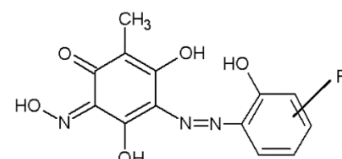
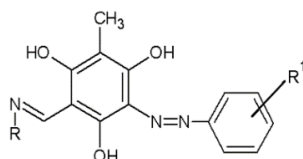
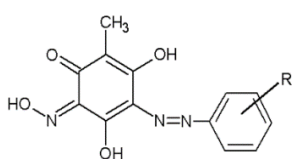
Разносторонние исследования свойств синтезированных азопроизводных ТГТ позволили обнаружить, что наличие в структуре молекулы двух гидроксильных групп в орто положениях относительно азогруппы приводит к появлению выраженных хелаторных свойств.

Кроме того, на уровень хелаторных свойств изучаемых молекул можно направленно влиять введением дополнительных (и разнообразных) электронодонорных групп как в азо-, так и в диазокомпоненту.

Значение строения функциональных групп в молекуле красителя на процесс закрепления ионов и наноразмерных частиц металлов на окрашенном текстильном материале изучалось нами и ранее [3].

В серии работ, в частности [4...6], изучены процессы комплексообразования ТГТ, а также показано, что введение в положение 5 азопроизводного ТГТ нитрозогруппы повышает уровень хелатирующих свойств.

Определенное представление о строении хелатофорных групп в структурах синтезированных азопроизводных дают следующие схемы:



В предыдущих исследованиях было показано, что хелатофорные азопроизводные ТГТ могут быть использованы для получения сорбционно-активных полимеров [7], сорбционно-активных красителей, использованных для изготовления фильтров очистки сточных вод от ионов хрома [8], лигандно-активных фунгицидов [5].

В продолжение работ по развитию линейки хелатофорных производных ТГТ вариацией типа и количества π -избыточных групп в положениях 3 и/или 5 бензольного кольца в настоящем исследовании сообщается о синтезе и некоторых свойствах новых функционально замещенных производных ТГТ, алгоритм дизайна которых заключался в следующем: молекула должна иметь хромофорную систему, то есть быть окрашенной; содержать в структуре группу (группы), позволяющие фиксировать молекулы в структуре полимера с целью получения сорбционно-активных ВМС; в положении 3 и/или 5 должны быть дополнительные хелатофорные группы, обеспечивающие вариативность в управлении хелаторными свойствами.

В качестве соединения сравнения (эталоны) был выбран 2-[(4-нитрофенил)дiazенил]-4-метилбензол-1,3,5-триол (1), синтезированный ранее [6]. Соединение 1 хо-

рошо окрашивает поликапроамид по методике крашения дисперсными красителями, в растворе взаимодействует с ионами металлов по схеме комплексообразования, а его производное, полученное восстановлением нитрогруппы до аминогруппы, может быть использовано для получения сорбционно-активного поликапроамида [5].

Ранее нами было показано, что хелаторные свойства соединения 1 могут быть повышены введением в молекулу второй азогруппы [8], а также, что введение в положение 3 ТГТ карбонильной группы придает молекуле хелаторные свойства [9].

В развитие исследований по модификации структуры соединения 1 с целью изучения ее влияния на хелаторные свойства молекулы разработаны методики синтеза (см. схемы 1...3) и изучены свойства неописанных ранее соединений 2, 3, 4.

На рис. 1 показана схема синтеза 1-(2,4,6-тригидрокси-3-метил-5-((4-нитрофенил)дiazенил)-фенилэтанона (2).

На рис. 2 показана схема синтеза 1-(4-нитрофенил)-2-(2,4,6-триметокси-3-метилфенил)дiazина (3).

На рис. 3 показана схема синтеза 3-метил-5-нитро-2-((2,4,6-тригидрокси-3-метилфенил)дiazенил)бензойной кислоты (4).

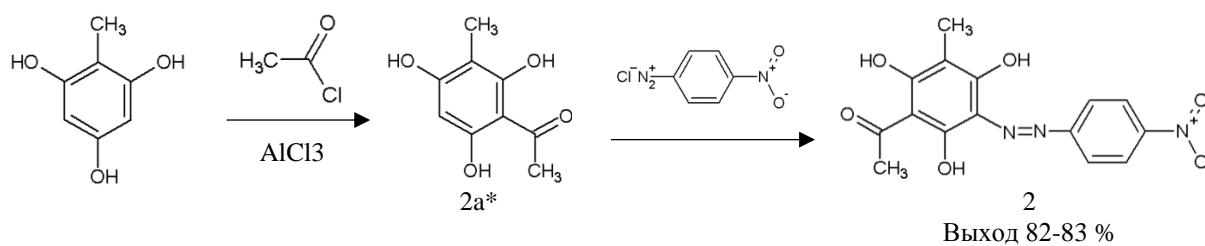


Рис. 1

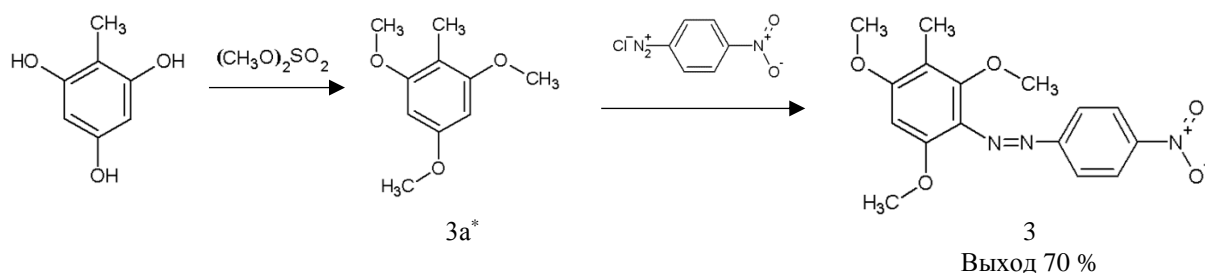


Рис. 2

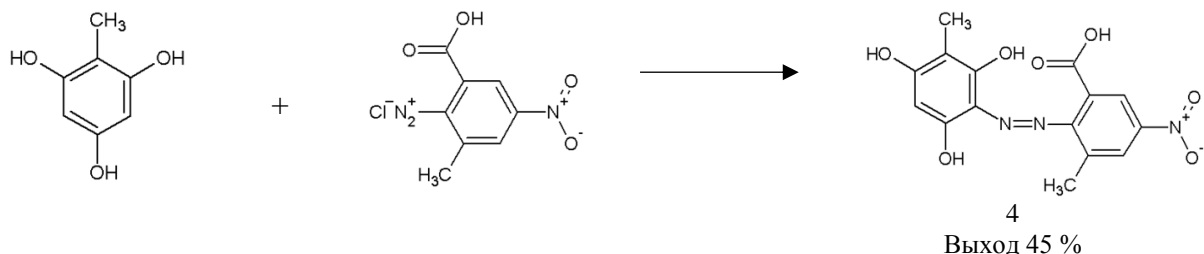


Рис. 3

Соединение 2a* синтезировано по методике, приведенной в [10], соединение 3a* по методике в [11].

Контроль за ходом реакций и за чистотой синтезированных соединений проводили методом тонкослойной хроматографии на пластинах "Silufol UV-254", подвижная фаза этанол:бензол=1:5.

Электронные спектры поглощения (ЭСП) регистрировали на спектрофотометре Varian Cary 50 Scan в интервале длин волн 200...600 нм в кюветах толщиной 0,5 и 0,1 см.

Концентрация растворов образцов 10^{-4} моль/л.

Спектры ЯМР ^1H регистрировали на спектрофотометре Bruker AM 300.

Масс-спектры записывали на приборе ESI-TOF.

Оценку изменения окраски образцов (ΔE) проводили на спектрофотометре Datascolor mod. 3880 с помощью пакета программ "Павлин".

Крашение поликапроамидной ткани проводили по методике крашения дисперсными и кислотными красителями по стандартным методикам [12].

Спектрофотометрическое титрование, расчеты составов и константы устойчивости комплексов проводили по [13], [14].

Определение сорбционной активности окрашенных образцов поликапроамидной ткани проводили по методике, разработанной авторами и описанной ниже.

Вновь синтезированные азосоединения 2 и 3, а также эталонный краситель 1 были изучены в качестве дисперсных красителей для колорирования ткани из поликапроамидного волокна по стандартной методике. Наиболее насыщенная окраска розово-фиолетового цвета получена в случае красителя 1. Азосоединения 2 и 3 окрашивают ткань в бежевые тона.

С учетом строения синтезированных красителей они были испытаны также для колорирования поликапроамидной ткани по методике крашения кислотными красителями.

Получены выкраски желто-коричневой гаммы, причем наиболее интенсивную окраску обеспечили красители 1 и 4.

Результаты устойчивости полученных окрасок к действию некоторых физико-химических факторов приведены в табл. 1 (исследование устойчивости окраски поликапроамидной ткани, окрашенной по методике колорирования дисперсными (красители 1...3) и кислотными красителями (красители 1...4)).

Т а б л и ц а 1

Краситель, способ крашения	Стирка, баллы	Сухое трение, баллы	Мокрое трение, баллы
Дисперсные			
1	3-4	3-4	3-4
2	3-4	2	2
3	3-4	3-4	3-4
Кислотные			
1	3-4	3-4	3-4
2	4-5	4	4
3	2-3	3	3
4	4-5	3	3

Полученные данные подтвердили сделанные ранее нами наблюдения о влиянии трех гидроксильных групп в фрагменте ТГТ на кислотные свойства азокрасителей.

Проведение испытания устойчивости окраски к мокрым обработкам в нестандартных условиях, а именно нагревание при 90°C в течение 1 ч привело к следующему результату. В случае красителя 1 показатель устойчивости не изменился, а в случае красителя 3 он полностью сошел с ткани.

Следует отметить, что вопросы прочности закрепления красителя на волокне в контексте концепции сорбционно-активных красителей приобретает особое значение.

Взаимодействие соединений 2, 3, 4 с ионами Cu^{2+} и Ni^{2+} изучено в водно-спиртовых растворах методом спектрофотометрического титрования. Подробности методик проведения экспериментов приведены в [13], [14].

Таблица 2

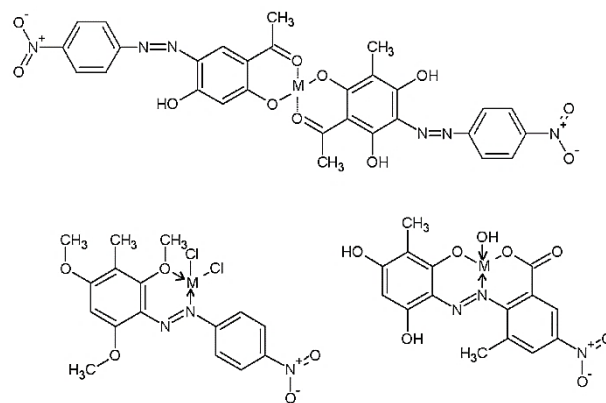
1	Mn+	Состав комплекса M:L	lgβ/n
2	Cu ²⁺	1:2	3,69
	Ni ²⁺	1:2	3,71
3	Cu ²⁺	1:1	4,41
	Ni ²⁺	1:1	4,10
4	Cu ²⁺	1:1	3,49
	Ni ²⁺	1:1	5,49

Анализ полученных результатов, а также результатов, опубликованных ранее [8], [9], дают основание заключить, что включение в структуру азопроизводного 1 дополнительных электронодонорных групп (азо- и ацетильной группы) увеличивает хелаторные свойства молекулы и повышает устойчивость комплексов. При этом в случае красителя 2, вероятно, комплекс образуется по ацетильной, а не азогруппе. Устойчивость комплекса возрастает также при введении карбоксильной группы в диазокомпоненту в орто-положении к азогруппе.

При этом на величину константы образования влияет природа иона металла.

Следует отметить, что все синтезированные и исследованные азосоединения содержат в структуре нитрогруппу, которая легко восстанавливается для аминогруппы, а последняя может быть использована в полимераналогичных превращениях для получения сорбционно-активных волокон по схеме, приведенной в работе [5].

Тонкая структура образующихся комплексных соединений находится в стадии изучения, однако можно представить их возможные структуры.



Как уже отмечалось выше, волокна и текстильные материалы, окрашенные красителями, обладающими хемосорбционными свойствами, могут быть использованы в качестве наполнителя для фильтров очистки сточных вод. При этом, как отмечено в акте производственных испытаний, приведенном в работе [6], использование таких фильтров позволяет снизить количество хрома в сточных водах на 30...50%.

Оценку сорбционной активности материалов, окрашенных синтезированными красителями, часто проводят по исходной и остаточной концентрации катионов металлов методом атомно-адсорбционной спектроскопии, однако на настоящем этапе ис-

следований было признано целесообразным использовать нижеприведенный полуколичественный метод. В соответствии с этим методом образец окрашенной полиакриламидной ткани, смоченный в воде, помещали в фарфоровый стакан, куда наливали водный раствор бихромата калия или ацетата меди в количестве 0,04 % от массы

волокна, модуль ванны 50. Раствор кипятили в течение 30 мин, затем образец промывали водой, отжимали и сушили. Далее на спектрофотометре Datascolor mod& 3880 определяли цветовое различие образцов до обработки растворами и после.

В табл. 3 приведены полученные результаты.

Т а б л и ц а 3

№ красителя	M ⁿ⁺	ΔE
1	Cr ²⁺	5
	Cu ²⁺	17
2	Cr ²⁺	9
	Cu ²⁺	6
3	Cr ²⁺	4
	Cu ²⁺	9
4	Cr ²⁺	23
	Cu ²⁺	19

Анализ результатов, приведенных в таблице, позволяет сделать некоторые выводы.

Очевидно и закономерно, что данные по комплексообразующей способности азопроизводных ТГТ в водно-спиртовых растворах и сорбционной активности окрашенного этими красителями материала не коррелируют.

Наименьшей сорбционной активностью обладает образец, окрашенный красителем 3, аналогом красителя 1, но не имеющим свободных гидроксильных групп.

Невысокие показатели сорбционной активности для образца, окрашенного красителем 2, можно объяснить тем, что образование комплексов состава M:L=1:2, реализуемое в растворе, не может реализоваться для красителя, закрепленного на волокне.

Следует отметить, что один и тот же краситель, закрепленный на волокне с разной степенью эффективности, хемосорбирует ионы Cu²⁺ и Cr²⁺.

Наибольший хемосорбционный эффект проявил образец, окрашенный красителем 4, содержащим в орто-положении относительно азогруппы карбоксильную группу в диазокомпоненте.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследования свойств серии структурно подобных функцио-

нально замещенных производных ТГТ выявлена зависимость хемосорбционных свойств синтезированных соединений от структуры и взаимного положения функциональных групп в молекуле.

2. Показано, что полученные результаты дают возможность корректировать и оптимизировать методы и методики фрагментарно-ориентированной сборки молекул, обладающих хелаторной активностью относительно широкого набора катионов тяжелых металлов.

3. Можно констатировать, что полученные на базе свойствообразующего структурного фрагмента ТГТ мультифункциональные производные являются перспективными прекурсорами для получения:

- сорбционно-активных полимеров;
- сорбционно-активных красителей и окрашенных ими текстильных материалов;
- хемосорбентов для удаления катионов тяжелых металлов из водных растворов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушкаров В.И., Кобраков К.И., Алафинов А.И., Шевелев С.А., Шазнес А.Х. Метилфлороглюцин – доступный полупродукт для синтеза азокрасителей // Химическая технология. – 2006, № 8. С. 5...8.
2. Алафинов А.И., Кобраков К.И., Кузнецов Д.Н., Дмитриева М.Б. Синтез новых азопроизводных метилфлороглюцина – потенциальных красителей и пигментов для текстильных материалов // Бутлеровские сообщения – 2013. Т. 33, № 3. С. 93...99.

3. Кобраков К.И., Ковальчукова О.В., Кузнецов Д.Н., Родионов В.И., Станкевич Г.С. Спектрофотометрическое изучение взаимодействия некоторых азокрасителей, содержащих хелатирующие группы с ионами и наноразмерными частицами серебра // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №3. С. 82...87.
4. Алафинов А.И. Синтез и исследование свойств производных метилфлороглуцина: Дис. ... канд. хим. наук. – М., 2013.
5. Селезнев В.С., Кобраков К.И., Исаева Т.А., Кузнецов Д.Н. Сорбционная активность сополимера поликапроамидполиглицидилметакрилата, модифицированного 2-[ε(аминофенил) диазенил] – 4-метилбензол-1,3,5-триолами, синтезированными из продуктов химической трансформации 2,4,6-тринитротолуола (тротила) // Тез. докл. VIII Всерос. конф.: Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды. – Чебоксары, 2020. С.67.
6. Волянский О.В. Комплексные соединения переходных металлов с новыми карбо (гетеро) циклическими хелатирующими лигандами. Синтез, строение, свойства: Дис. ... докт. хим. наук. – М., 2017.
7. Ушкаргов В.И. Синтез и исследование свойств азосоединений на основе метилфлороглуцина: Дис. ... канд. хим. наук. – М., 2006.
8. Селезнев В.С., Исаева Т.А., Кобраков К.И. Перспективные лиганды на базе метилфлороглуцина для получения биологически активных комплексных соединений: синтез и изучение взаимодействия с ионами меди // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020). 12 ноября 2020 г. Часть 2. – М., 2020. С. 177...180.
9. Петрова Е.К., Кобраков К.И. Оценка хелатирующих свойств 1-(2,4,6-тригидрокси- 3-метилфенил)этанона с ионами Cu^{+2} // Тез. докл. 72-й внутривуз. научн. студенч. конф.: Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2020). – М., 2020. С. 192.
10. Brockman H., Maior K., *Über das Rottlerin* // Justus Liebigs Annalen Chemical – Vol. 535, 1938. P.149, 170.
11. Lutz F. Tietze, Dirk A. Spiegl, Florian Stecker, Julia Major, Christian Raith, and Christian Große. Stereoselective Synthesis of 4-Dehydroxydiversonol Employing Enantioselective Palladium-Catalysed Domino Reactions // Chemistry a European Journal. – 2010, 14. P. 8956...8963.
12. Сафонов В.В., Журавлева Н.В., Третьякова А.Е. Практикум по химической технологии текстильных материалов / Под ред. д.х.н., проф. В.В.Сафонова. – М.: МГТУ имени А.Н.Косыгина, 2007.
13. Россотти Ф., Россотти Х. Определение констант устойчивости и других констант равновесия в растворах. – М.: Мир, 1965.
14. Бек М., Надьял И. Исследование комплексобразования новейшими методами. М.: Мир, 1989.
1. Ushkarov V.I., Kobrakov K.I., Alafinov A.I., Shevelev S.A., Shaznes A.Kh. Metilfloroglyutsin – dostupnyy poluprodukt dlya sinteza azokrasiteley // Khimicheskaya tekhnologiya. – 2006, № 8. S. 5...8.
2. Alafinov A.I., Kobrakov K.I., Kuznetsov D.N., Dmitrieva M.B. Sintez novykh azoproizvodnykh metilfloroglyutsina – potentsial'nykh krasiteley i pigmentov dlya tekstil'nykh materialov // Butlerovskie soobshcheniya – 2013. T. 33, № 3. S. 93...99.
3. Kobrakov K.I., Koval'chukova O.V., Kuznetsov D.N., Rodionov V.I., Stankevich G.S. Spektrofotometricheskoe izuchenie vzaimodeystviya nekotorykh azokrasiteley, sodержashchikh khelatiruyushcheye gruppy s ionami i nanorazmernymi chastitsami serebra // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, №3. S. 82...87.
4. Alafinov A.I. Sintez i issledovanie svoystv proizvodnykh metilfloroglyutsina: Dis. ... kand. khim. nauk. – М., 2013.
5. Seleznev V.S., Kobrakov K.I., Isaeva T.A., Kuznetsov D.N. Sorbtionnaya aktivnost' sopolimera polikaproamidpoliglitsidilmetakrilata, modifitsirovannogo 2-[ε(aminofenil) diazenil] – 4-metilbenzol-1,3,5-triolami, sintezirovannymi iz produktov khimicheskoy transformatsii 2,4,6-trinitrotoluola (trotila) // Tez. dokl. VIII Vse-ros. konf.: Aktual'nye voprosy khimicheskoy tekhnologii i zashchity okruzhayushchey sredy. – Cheboksary, 2020. S. 67.
6. Volyanskiy O.V. Kompleksnye soedineniya perekhodnykh metallov s novymi karbo (getero) tsiklicheskimi khelatiruyushchimi ligandami. Sintez, stroenie, svoystva: Dis. ... dokt. khim. nauk. – М., 2017.
7. Ushkarov V.I. Sintez i issledovanie svoystv azosodineniy na osnove metilfloroglyutsina: Dis. ... kand. khim. nauk. – М., 2006.
8. Seleznev V.S., Isaeva T.A., Kobrakov K.I. Perspektivnye ligandy na baze metilfloroglyutsina dlya polucheniya biologicheskii aktivnykh kompleksnykh soedineniy: sintez i izuchenie vzaimodeystviya s ionami medi // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2020). 12 noyabrya 2020 g. Chast' 2. – М., 2020. S. 177...180.
9. Petrova E.K., Kobrakov K.I. Otsenka khelatiruyushchikh svoystv 1-(2,4,6-trigidroksi- 3-metilfenil)etanona s ionami Cu^{+2} // Tez. dokl. 72-y vnutrivuz. nauchn. studenchesk. konf.: Molodye uchenye – innovatsionnomu razvitiyu obshchestva (MIR-2020). – М., 2020. S. 192.
10. Brockman H., Maior K., *Über das Rottlerin* // Justus Liebigs Annalen Chemical – Vol. 535, 1938. P.149, 170.
11. Lutz F. Tietze, Dirk A. Spiegl, Florian Stecker, Julia Major, Christian Raith, and Christian Große. Stereoselective Synthesis of 4-Dehydroxydiversonol Employing Enantioselective Palladium-Catalysed Domino Reactions // Chemistry a European Journal. – 2010, 14. P. 8956...8963.

12. Safonov V.V., Zhuravleva N.V., Tret'yakova A.E. Praktikum po khimicheskoy tekhnologii tekstil'nykh materialov / Pod red. d.kh.n., prof. V.V.Safonova. – M.: MGTU imeni A.N.Kosygina, 2007.

13. Rossotti F., Rossotti X. Opredelenie konstant ustoychivosti i drugikh konstant ravnovesiya v rastvorakh. – M.: Mir, 1965.

14. Bek M., Nad'pal I. Issledovanie komplekssoobrazovaniya noveyshimi metodami. M.: Mir, 1989.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

УДК 677.027.4.677.027

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_157

КОМПОЗИЦИОННЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА ДЛЯ ОТБЕЛКИ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

COMPOSITE HYDROGEN PEROXIDE STABILIZER FOR COTTON CELLULOSE BLEACHING

*Р.Т. КАЛДЫБАЕВ, Д.С. НАБИЕВ, Г.Ю. КАЛДЫБАЕВА, Д.А. ЖУНИСБЕКОВА,
А.О. БАЙДИБЕКОВА, М.А. МАХМУДОВА*

*R.T. KALDYBAYEV, D.S. NABIYEV, G.YU. KALDYBAYEVA, D.A. ZHUNISBEKOVA,
A.O. BAIDIBEKOVA, M.A. MAKHMUDOVA*

(Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова, Республика Казахстан)

(South Kazakhstan University named after M. Auezov, Republic of Kazakhstan)

E-mail: rashid_cotton@mail.ru; nabiev@mail.ru; gkaldybaeva@mail.ru

В рецептуре отбеливания хлопковой целлюлозы пероксидом водорода предусмотрено введение в отбеливающие системы стабилизаторов его разложения, снижающих непроизводительный расход пероксида водорода, уменьшающих деструкцию волокон и таким образом являющихся регуляторами процесса отбеливания. Для стабилизации пероксида водорода в процессе отбеливания хлопковой целлюлозы был использован ряд простых и сложных, комплексообразующих соединений, имеющих неодинаковую химическую природу и различный механизм стабилизации пероксида водорода. На основе таких комплексообразующих соединений, как триполифосфата натрия, пентанатриевой соли диэтилентриаминпентауксусной кислоты (DTPA 5NA) и натриевой соли этилендиаминтетраметилефосфоновой кислоты (NaDTPMP)? разработали композиционные составы стабилизаторов пероксида водорода. Для сопоставления полученных результатов был использован широко известный стабилизатор пероксида водорода – силикат натрия. Изучено влияние различных переменных факторов (температура, продолжительность отбеливания, pH, концентрация щелочи, расход пероксида водорода и стабилизатора) на качество целлюлозы.

In the formulation for bleaching cotton cellulose with hydrogen peroxide, it is envisaged to introduce into the bleaching systems stabilizers of its decomposition, which reduce the non-productive consumption of hydrogen peroxide, reduce the destruction of fibers and thus become regulators of the bleaching process. To stabilize hydrogen peroxide in the process of bleaching cotton cellulose, a number of simple

and complex complexing compounds were used, which have a different chemical nature and a different mechanism for stabilizing hydrogen peroxide. Based on such complexing compounds as sodium tripolyphosphate, pentasodium diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA 5NA) and sodium salt of diethylenetriamine penta (methylenephosphonic acid) (NaDTPMP), composite compositions of hydrogen peroxide stabilizers were developed. To compare the obtained results, the well-known stabilizer of hydrogen peroxide – sodium silicate was used. The influence of various variable factors (temperature, bleaching duration, pH, alkali concentration, hydrogen peroxide and stabilizer consumption) on the cellulose quality was studied.

Ключевые слова: хлопковая целлюлоза, отбелка, стабилизация, пероксид водорода.

Keywords: cotton cellulose, bleaching, stabilization, hydrogen peroxide.

Введение

Использование экологически чистого реагента пероксида водорода в процессе отбеливания целлюлозы и целлюлозосодержащих материалов, увеличение его производительного действия различными стабилизирующими композициями является актуальной задачей [1...3]. Имеется значительное количество различных композиций для беливания целлюлозы, бумаги и тканей, включающие в себя как силикатные добавки, так и другие органические и неорганические соединения [4], [5]. В частности, такие реагенты, которые способны образовывать, с одной стороны, комплексные соединения с примесями металлов переменной валентности, которые всегда имеются в целлюлозосодержащих материалах, и выводить их из материала, а с другой – способствовать стабилизации пероксида водорода и замедлению его разложения. Коллективом авторов для стабилизации процесса отбеливания пероксидом водорода был использован ряд простых и сложных, неорганических и органических комплексобразующих соединений, имеющих неодинаковую химическую природу и различный механизм стабилизации пероксида водорода [6...10].

Материалы и методы

В качестве сырья использовали хлопковый линт согласно стандарту O'zDSt 645:2010. Средняя штапельная длина волокон 6...7 мм; засоренность 4,4%; массовая доля влаги 8,5%. Для проведения опытов хлопковый линт был подвергнут

механической очистке на установке ЛО-4 до засоренности 0,8%.

Перекись водорода: перекись водорода (60% мас./мас.) Производство Solvey (Бельгия).

Смачивающий агент: смачивающий агент Коттоклорин был поставлен Пулькракемикал (Турция).

Гидроксид натрия: гидроксид натрия (NaOH) 99,0% Реахим (Россия).

Силикат натрия (Na_2SiO_3) 98%, Реахим (Россия).

Комплексообразующие агенты, используемые для получения композиционного стабилизатора

Натриевая соль этилендиаминтетраметиленфосфоновой кислоты (NaDTPMP) Комплексообразователь. Обеспечивает контроль ионов железа (Россия).

Пентанатриевая соль диэтиленetriаминпентауксусной кислоты (DTPA 5NA) Комплексообразователь. Обеспечивает контроль ионов железа (КНР).

Триполифосфат натрия (ТПФН) Обеспечивает контроль ионов кальция и магния (Казахстан).

Описание экспериментальной установки и методика проведения эксперимента

Получение композиции стабилизатора пероксида водорода

На основе ранее проведенных экспериментальных работ составлены две композиции стабилизаторов пероксида водорода. Для сравнения использовали общеизвестный стабилизатор – силикат натрия. Полу-

ченные стабилизаторы содержат 45% составляющего вещества. Состав композици-

онных стабилизаторов приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Компоненты	№1	№2	№3
	Содержание компонентов, %		
Силикат натрия	-	-	45
NaDTPMP	15	10	-
DTPA 5NA	10	15	-
Триполифосфат натрия	20	20	-
Вода	55	55	55

Проведение совмещенного процесса варки и отбели

Эксперименты в лабораторных условиях проводились на отбеливающей и красящей установке с автоматическим программированием температуры и перемешивания.

Процессы совмещенной варки и отбели хлопкового линта проведены в отбеливающей установке при модуле 1:10, температуре 95°C, продолжительности 60 мин, концентрации гидроксида натрия 5 г/л, смазывающего агента 0,1г/л.

Определение качественных характеристик целлюлозы и отбельного раствора

Определение белизны проведено на белизномере Спекол-11 и Colormeter FRANK-PTI AFL-12A по ГОСТу 595–79.

Динамическая вязкость образцов целлюлозы путем измерения вязкости 0,1% раствора целлюлозы в медно-аммиачном растворе по ГОСТ 595–79.

pH отбельного раствора определяли на цифровом измерителе pH-340.

Концентрация пероксида водорода в отбельном растворе определена йодометрическим методом [11], основанном на титро-

вании 0,1 Н раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ выделившегося йода в кислой среде с использованием в качестве индикатора крахмала.

Общая щелочность раствора определена титрованием стандартным 0,1 Н раствором HCl с использованием в качестве индикатора фенолфталеина [11].

Результаты и обсуждение

Хлопковый линт содержит значительное количество разнообразных примесей как органического, так и неорганического характера. Для получения хлопковой целлюлозы из линта требуются дополнительные, более жесткие режимы варки и отбели. В связи с этим изучена возможность получения хлопковой целлюлозы с использованием новых стабилизаторов и нахождением оптимальных условий, при которых качественные показатели хлопковой целлюлозы отвечали требованиям, предъявляемых к ней, при минимальном расходе реагентов.

Изучено влияние различных переменных факторов (концентрация щелочи, температура, продолжительность отбели, pH, расход пероксида водорода и стабилизатора) на качество целлюлозы.

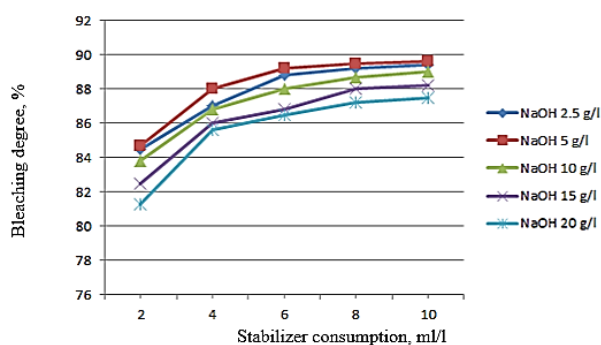


Рис 1

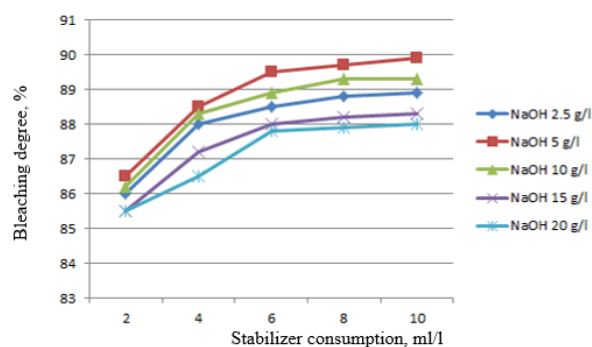


Рис. 2

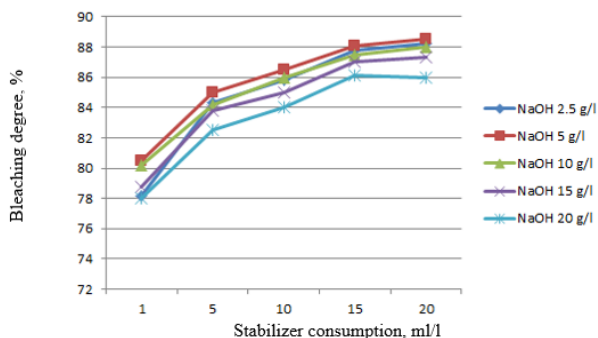


Рис. 3

При изучении влияния количества щелочи на степень белизны целлюлозы было выявлено, что с ростом концентрации щелочи до ~5 г/л степень белизны увеличивается. Дальнейший рост увеличения количества щелочи в растворе отрицательно влияет на белизну целлюлозы (рис. 1...3). Рис. 1 – кинетика степени белизны образцов целлюлозы, полученных при различных концентрациях щелочи и стабилизатора №1. $T=110^{\circ}\text{C}$, $\tau = 60$ мин, расход H_2O_2 4% отв.в.; рис. 2 – кинетика степени белизны образцов целлюлозы, полученных при различных концентрациях щелочи и стабилизатора №2. $T=110^{\circ}\text{C}$, $\tau = 60$ мин, расход H_2O_2 4% отв.в.; рис. 3 – кинетика степени белизны образцов целлюлозы, полученных при различных концентрациях щелочи и

стабилизатора №3. $T=110^{\circ}\text{C}$, $\tau = 60$ мин, расход H_2O_2 4% отв.в.

Из рис. 1...3 видно, что значения белизны носят экстремальный характер, что подтверждается и литературными данными [12]. Известно, что если щелочи мало, то она быстро связывается органическими кислотами, в результате отбелка становится неэффективной. При избытке щелочи она усиленно поглощается волокнами, что приводит к потемнению массы.

По результатам проведенных исследований можно подытожить, что оптимальными режимами совмещенной варки и отбелки являются концентрация щелочи 5 г/л, композиционного стабилизатора 6 мл/л, пероксида водорода 4% отв.в., $\text{pH}=11...12$ в начале процесса, температура $100...110^{\circ}\text{C}$ и продолжительность 60 мин.

При этих условиях полученная хлопковая целлюлоза имеет высокие значения белизны. В табл. 2 (качественные показатели хлопковой целлюлозы: концентрация щелочи 5 г/л, расход пероксида водорода 4% от в.в., стабилизатора 6 мл/л, $T=110^{\circ}\text{C}$, $\tau=60$ мин) представлены качественные показатели хлопковых целлюлоз, полученных при оптимальных режимах процесса отбелки с использованием стабилизаторов №1...3.

Таблица 2

Стабилизатор	Расход стабилизатора, мл/л	Смачиваемость, г	Показатели качества				
			СП	Белизна, %	Массовая доля, %		
					остатка не растворимого в H_2SO_4	зола	альфа-целлюлозы
№1	6	145	1430	88,3	0,11	0,08	99,0
№2	6	149	1455	88,7	0,09	0,06	98,8
№3	15	140	1450	88,1	0,17	0,18	98,8
По ГОСТ 595	-	н/м 140	-	н/м 85	н/б 0,30	н/б 0,2	н/м 98,0

Качественные показатели всех образцов хлопковой целлюлозы, полученных при различных условиях процесса отбелки, удовлетворяют требованиям ГОСТ 595 "Целлюлоза хлопковая". При этом значения массовой доли остатка, не растворимого в серной кислоте, и массовой доли золы при использовании силиката натрия в качестве стабилизатора пероксида водорода, хотя и

соответствуют требованиям ГОСТ 595, являются несколько завышенными по сравнению с требованиями, предъявляемыми к высококачественной целлюлозе, предназначенной для химической переработки, у которой эти показатели не должны превышать 0,1%. Это связано с образованием нерастворимого полимерного осадка силиката натрия на целлюлозных волокнах. В

случае разработанных стабилизаторов показатели "не растворимый остаток в серной кислоте" и "зола" отвечают требованиям, предъявляемым к высококачественной целлюлозе.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований показывают, что отбеливание пероксидом водорода разработанными стабилизаторами дает хорошие эффекты, преимущественно в отношении остаточного пероксида водорода и таких показателей качества целлюлозы, как степени белизны, массовой доли остатка, не растворимого в серной кислоте, и золы. Среди всех исследованных стабилизаторов стабилизатор №1 признан наиболее превосходным стабилизатором для отбеливания пероксида водорода. Этот стабилизатор показал более 45% остаточной перекиси водорода и выше 88% степени белизны.

Оценка результатов исследования показала, что новые композиционные стабилизаторы могут успешно использоваться в качестве стабилизаторов пероксида водорода в производстве хлопковой целлюлозы и текстильной промышленности без каких-либо неблагоприятных последствий для целлюлозы и хлопчатобумажных тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kai Liu, Kelu Yan, Gang Sun*. Mechanism of H₂O₂/bleach activators and related factors // *Cellulose*. – 26 (4), 2019. P. 2743...2757.
2. *A. Farhan Khan*. The Effect of Environmentally Friendly Complexing Agents Used as Stabilizers for Hydrogen Peroxide in the Bleaching Bath of Cotton Fabric, *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* – 14 (3)? 2014. P.246...254.
3. *MinghuaPeng, Shouying Wu, Jinmei Du, Chang Sun, Change Zhou, ChanghaiXu, Xiaolin Hu*. Establishing a Rapid Pad-Steam Process for Bleaching of Cotton Fabric with an Activated Peroxide System // *ACS Sustainable Chem. Eng.* – 6, 7, 2018. P.8599...8603.
4. *Abdel-Halim E.S., Al-Deyab S.* One-step bleaching process for cotton fabrics using activated hydrogen peroxide // *Carbohydrate Polymers*. – V. 92, Is. 2, 15 February 2013. P. 1844...1849.
5. *Deiyu Yu, Minghua Wu, Junxiong Ling, Jintao Zhu*. Cost-effective low-temperature bleaching of cotton using an activated peroxide system that binds copper

ions to bicarbonate // *Fibers and Polymers*. – 19 (9), 2018. P.1898...1907.

6. *Kai Liu, Xuan Zhang, Kelu Yang*. Cotton bleaching with tetraacetylhydrazine as a bleaching activator for H₂O₂. *Carbohydrate polymers* 2018, 188, 221-227. DOI: 10.1016 / j.carbpol.2018.01.111.

7. *Калдыбаев Р.Т., Набиев Д.С., Калдыбаева Г.Ю., Жунисбекова Д.А., Такибаева Г.А., Темиришиков К.М.* Исследование возможности стабилизации и снижения скорости разложения пероксида водорода в процессе отбеливания хлопковой целлюлозы // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2019, № 1. С. 214...219

8. *ChanghaiXu, David Hinx, Chang Song, Qufu Wei*. Creating an activated peroxide system for low-temperature cotton bleaching using N-[4-(triethylammoniumethyl) benzoyl] butyrolactam chloride // *Carbohydrate Polymers*. – 119, 2015. P.71...77.

9. *Pelin Altai, Peter J. Hauser, NevinTsigdemGursoy, Ahmed El-Shafey*. Rapid synthesis of a new, highly effective, more stable and cost-effective cationic bleaching activator for cotton: N-[4-(N, N, N)-triethylammonium chloride-butyryl] caprolactam // *Cellulose*. – 26 (4), 2019. P.2849...2860.

10. *Altay P., Hauser P.J., Gursoy N.C., El-Shafei A.* Facile synthesis of a novel, highly effective, more sustainable and cost-effective cationic bleach activator for cotton: N-[4-(N, N, N)-triethylammoniumchloride-butyryl] caprolactam // *Cellulose*. – 26(4), 2019. P.2849...2860.

11. Отделка хлопчатобумажных тканей. Справочник. Т.1. Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей: Под ред. д.т.н., проф. Б.Н. Мельникова. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

12. *Лебедева И.А., Кречетова С.П.* Отбелка древесной массы. – М., 1973.

REFERENCES

1. *Kai Liu, Kelu Yan, Gang Sun*. Mechanism of H₂O₂/bleach activators and related factors // *Cellulose*. – 26 (4), 2019. P. 2743...2757.
2. *A. Farhan Khan*. The Effect of Environmentally Friendly Complexing Agents Used as Stabilizers for Hydrogen Peroxide in the Bleaching Bath of Cotton Fabric, *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* – 14 (3)? 2014. P.246...254.
3. *MinghuaPeng, Shouying Wu, Jinmei Du, Chang Sun, Change Zhou, ChanghaiXu, Xiaolin Hu*. Establishing a Rapid Pad-Steam Process for Bleaching of Cotton Fabric with an Activated Peroxide System // *ACS Sustainable Chem. Eng.* – 6, 7, 2018. P.8599...8603.
4. *Abdel-Halim E.S., Al-Deyab S.* One-step bleaching process for cotton fabrics using activated hydrogen peroxide // *Carbohydrate Polymers*. – V. 92, Is. 2, 15 February 2013. P. 1844...1849.
5. *Deiyu Yu, Minghua Wu, Junxiong Ling, Jintao Zhu*. Cost-effective low-temperature bleaching of cotton using an activated peroxide system that binds copper ions to bicarbonate // *Fibers and Polymers*. – 19 (9), 2018. P.1898...1907.

6. Kai Liu, Xuan Zhang, Kelu Yang. Cotton bleaching with tetraacetylhydrazine as a bleaching activator for H₂O₂. Carbohydrate polymers 2018, 188, 221-227. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.01.111.

7. Kaldybaev R.T., Nabiev D.S., Kaldybaeva G.Yu., Zhunisbekova D.A., Takibaeva G.A., Temirshikov K.M. Issledovanie vozmozhnosti stabilizatsii i snizheniya skorosti razlozheniya peroksida vodoroda v protsesse otbelki khlopkovoy tsellyulozy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 1. S. 214...219

8. Changhai Xu, David Hinx, Chang Song, Qufu Wei. Creating an activated peroxide system for low-temperature cotton bleaching using N-[4-(triethylammoniomethyl) benzoyl] butyrolactam chloride // Carbohydrate Polymers. – 119, 2015. P.71...77.

9. Pelin Altai, Peter J. Hauser, Nevin Tsigdem Gursoy, Ahmed El-Shafey. Rapid synthesis of a new, highly effective, more stable and cost-effective cationic bleach-

ing activator for cotton: N-[4-(N,N,N)-triethylammonium chloride-butyl] caprolactam // Cellulose. – 26(4), 2019. P.2849...2860.

10. Altay P., Hauser P.J., Gursoy N.C., El-Shafey A. Facile synthesis of a novel, highly effective, more sustainable and cost-effective cationic bleach activator for cotton: N-[4-(N,N,N)-triethylammoniumchloride-butyl] caprolactam // Cellulose. – 26(4), 2019. P.2849...2860.

11. Otdelka khlopchatobumazhnykh tkaney. Spravochnik. T.I. Tekhnologiya i assortiment khlopchatobumazhnykh tkaney: Pod.red. d.t.n., prof. B.N. Mel'nikova. – M.: Legprombytizdat, 1991.

12. Lebedeva I.A., Krechetova S.P. Otblka drevsnoy massy. – M., 1973.

Рекомендована Ученым совтом. Поступила 11.10.21.

УДК 66.047.45

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_162

ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СУШКИ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА

HEAT AND MASS TRANSFER PATTERNS OF FILTRATION DRYING OF FIBROUS MATERIAL

*A.E. ХУСАНОВ¹, В.М. АТАМАНЮК², З.С. КОБЕЕВА¹,
Б.М. КАЛДЫБАЕВА¹, Д.Ж. ДЖАНАБАЕВ¹*

*A.YE. KHUSSANOV, V.M. ATAMANYUK, Z.C. KOBEEVA,
B.M. KALDYBAYEVA, D.ZH. JANABAYEV*

¹Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова, Республика Казахстан,
²Национальный университет "Львовская политехника", Украина)

(South Kazakhstan University named after M.Auezov, Republic of Kazakhstan,
Lviv Polytechnic National University, Ukraine)

E-mail: khusanov_1975@inbox.ru; atamanyuk@ukr.net; kaldybaeva.b@mail.ru; ndg_89@mail.ru;
kobe bazagi82@mail.ru

Одним из высокоинтенсивных методов удаления как свободной, так и связанной влаги является фильтрационная сушка. Это обусловлено тем, что при фильтрационной сушке тепловой агент фильтруется сквозь пористую структуру влажного материала. Скорость движения теплового агента в порах и каналах стационарного слоя влажного материала определяет толщину пограничного слоя (гидродинамического, теплового и диффузионного) и соответственно значения коэффициентов тепло- и массообмена. Кроме этого поверхностью тепло- и массообмена является суммарная поверхность пор и каналов, сквозь которые фильтруется тепловой агент. Скорость фильтрации теплового агента определяют исходя из технико-

экономических соображений, учитывая то, что ее увеличение влияет на рост потери давления. Причем действительная скорость движения теплового агента относительно элементов слоя значительно выше, чем в случае сушки в кипящем слое, при сушке в пневмотранспортных сушилках и др. Большие поверхности тепло - и массообмена и скорость теплового агента в порах и каналах стационарного слоя влажного материала обеспечивают высокие коэффициенты тепло - и массоотдачи и соответственно интенсивность фильтрационной сушки.

One of the high-intensity methods of removing both free and bound moisture is filtration drying. This is due to the fact that during filtration drying, the thermal agent is filtered through the porous structure of the wet material. The speed of movement of the thermal agent in the pores and channels of a stationary layer of wet material determines the thickness of the boundary layer (hydrodynamic, thermal and diffusion) and, accordingly, the values of the heat and mass transfer coefficients. In addition, the surface of heat and mass transfer is the total surface of the pores and channels through which the heat agent is filtered. The filtration rate of the thermal agent is determined based on technical and economic considerations, taking into account the fact that its increase affects the increase in pressure loss. Moreover, the actual speed of movement of the thermal agent relative to the elements of the layer is significantly higher than in the case of drying in a fluidized bed, when drying in pneumatic transport dryers, etc. Large heat and mass transfer surfaces and the speed of the heat agent in the pores and channels of a stationary layer of wet material provide high heat and mass transfer coefficients and, accordingly, the intensity of filtration drying.

Ключевые слова: волокно хлопка, теплообмен, массообмен, фильтрационная сушка, пористость, органические материалы волокнистой структуры, влага, капиллярно-пористые материалы, текстильная отрасль, тепломассообменные закономерности.

Keywords: cotton fiber, heat exchange, mass transfer, filtration drying, porosity, organic materials of fibrous structure, moisture, capillary-porous materials, textile industry, heat and mass transfer patterns.

Введение. По своему строению хлопко-сырец является неоднородным материалом и состоит из трех основных компонентов – самого хлопкового волокна, кожуры и ядра семян [1]. Хлопковое волокно и кожура семян относятся к капиллярно-пористым материалам [2] и содержат определенное количество влаги [3]. Известно, что процесс удаления влаги из материала сопровождается нарушением связи ее с материалом, на что затрачивается значительное количество энергии. Во время сушки хлопка-сырца важно выбрать оптимальный режим сушки поскольку при несоответствующих параметрах сушки наблюдается обрыв волокна,

уменьшение его длины, в результате чего снижается качество волокна [4].

Изменение влагосодержания и температуры материала определяется тепломассопереносом между поверхностью тела, окружающей средой и внутренней частью высушиваемого материала. Учитывая выше сказанное, важно установить тепломассообменные закономерности фильтрационной сушки в стационарном слое влажного волокна хлопка от фиктивной скорости фильтрации теплового агента, как важного фактора, определяющего интенсивность и экономическую эффективность фильтрационной сушки [5].

Объект и методы исследования. Объектом исследований в качестве волокнистого материала мы выбрали хлопок-сырец, который является широко распространенным продуктом сельского хозяйства в Южных регионах Республики Казахстан [6], [7].

Известно [4], что при хранении хлопко-сырца с влажностью более 13...14% и температуре окружающей среды выше 12...14°C температура его повышается до 60...70°C и выше, в семенах происходят биологические процессы. Это может привести к полной потере текстильных качеств волокна [7], [8].

Технологическая влажность хлопко-сырца для первых сортов составляет 7...8%. Высушивать хлопок-сырец до влажности ниже 7% регламентированным технологическим процессом переработки хлопко-сырца не рекомендуется [4], [7], [8].

Чтобы не допустить порчи хлопко-сырца при хранении, необходимо довести его влажность с помощью естественной или искусственной сушки до кондиционной, а чтобы обеспечить выпуск волокна высокого качества, хлопок-сырец следует подсушивать до технологической влажности.

В результате качественного и количественного анализа компонентов нами определены исходные данные для проведения экспериментальных исследований [9], [10]. Эти полученные данные необходимы для установления режима сушки гидродинамических и тепломассообменных параметров процесса. Там же представлена схема экспериментальной установки для проведения исследований тепломассообменных параметров, которая позволяет реализовать процесс фильтрационной сушки волокнистых материалов, и описана методика исследования [9], [10].

Результаты и обсуждения. Движение связанной влаги, иногда известное как “перенос жидкой влаги вблизи сухости” или “сорбционная диффузия”, было изучено рядом исследователей [11], [12...14]. Показано, что перенос жидкой влаги все еще су-

ществует в области сорбции и является функцией содержания свободной влаги.

Уитакер и Чжоу [15] изучили конвективный перенос газовой фазы в сухой области, содержащей связанную влагу, и пришли к выводу, что в этой области может существовать поток жидкой влаги. При сушке поверхностной влаги с поверхности частиц волокнистого материала одновременно происходит передача тепла от теплового агента к поверхности высушиваемого материала и испарения влаги с поверхности частиц в тепловой агент [11], [16]. Оба процесса относятся к конвективным: конвективный теплообмен и конвективный массообмен.

Известно [17], что фильтрационная сушка носит зональный характер, поэтому исследование тепло- и массообмена влажного волокнистого материала также проводили в коротком слое для того, чтобы весь слой материала принимал участие в процессе массообмена.

Коэффициент теплоотдачи и массоотдачи при фильтрационной сушке рассчитывали по следующим зависимостям [18]:

$$\frac{\Delta W}{\Delta \tau} \Gamma = \alpha F \left(\frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{м.т}} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\Delta W}{\Delta \tau} = \beta F \left(x_{\text{нас}} - \frac{x_{\text{нас}} + x_0}{2} \right) \rho, \quad (2)$$

где x_0 , $x_{\text{нас}}$ – соответственно начальное влагосодержание теплового агента и в состоянии насыщения; $t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вых}}$, $t_{\text{м.т}}$ – соответственно температура теплового агента на входе, выходе из слоя и температура мокрого термометра, °C; β – коэффициент массоотдачи, м²/с; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К).

Рассчитанные нами коэффициенты теплоотдачи α и массоотдачи β для влажного волокнистого материала по зависимостям (1) и (2) от действительной скорости u представлены на рис. 1.

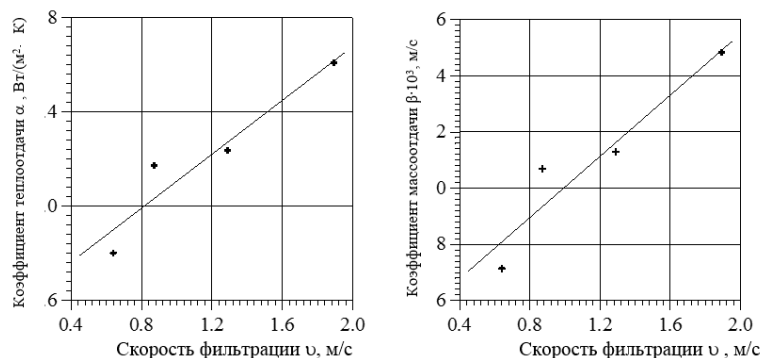


Рис. 1

Аналогично, как и для слоя сухого, так и влажного волокнистого материала, коэффициент теплоотдачи линейно возрастает с ростом действительной скорости движения теплового агента, однако для влажного материала коэффициент теплоотдачи меньше, чем для сухого материала, при одинаковых гидродинамических условиях, что объясняется потерями тепла на удаление влаги.

Коэффициенты конвективного тепло- и массопереноса на поверхности волокнистых материалов являются важными параметрами в процессах сушки, они являются функциями скорости и физических свойств сушильной среды и в общем случае могут быть выражены в виде [11]:

$$Nu = A Re^n Pr^m, \quad (3)$$

$$Sh = A Re_e^n Sc^m, \quad (4)$$

где $Nu = \frac{\alpha d_e}{\lambda}$ – число Нусельта; $Re_e = \frac{v d_e}{\nu}$

– число Рейнольдса; $Pr = \frac{\nu}{a}$ – число Пранд-

тля; $Sh = \frac{\beta d_e}{D}$ – число Шервуда; $Sc = \frac{\nu}{D}$ –

число Шмидта; ν – коэффициент кинематической вязкости, m^2/s ; a – коэффициент температуропроводности, m^2/s ; v – действительная скорость фильтрации теплового агента, m/s ; T – средняя температура поверхности частицы, $^{\circ}C$; D – коэффициент диффузии водяного пара в воздухе, m^2/s .

Следует отметить, что для полностью увлажненной поверхности области тепло- и массопереноса практически одинаковы, так

что температура поверхности близка к температуре влажного термометра, для частично увлажненной поверхности эффективная площадь массообмена уменьшается с увеличением влажности поверхности [11].

М. Suzuki и S. Maeda [18] предложили модель коэффициента конвективного массопереноса, которая предполагала, что испарение происходит с прерывистой влажной поверхности, состоящей из сухих и влажных участков. Внутренний перенос влаги в основном обусловлен капиллярным потоком свободной влаги через поры. Поэтому скорость сушки определяется только внешними условиями и будет наблюдаться постоянный период скорости сушки. По мере того как сушка продолжается, доля влажной области уменьшается с уменьшением содержания поверхностной влаги, так что коэффициент массопереноса уменьшается. Согласно теории перколяции [19], когда влага проходит через случайно распределенные пути в среде, существует порог перколяции, который обычно соответствует критическому содержанию свободного движения воды. В первом периоде падения скорости на поверхности будет достигнут новый энергетический баланс, "сухие" волокна все еще содержат связанную воду, а давление пара на поверхности определяется уравнением Клаузиуса-Клапейрона [11]. Температура поверхности будет быстро повышаться, сигнализируя о начале второго периода падения скорости, в течение которого часто появляется отступающий фронт испарения, разделяющий систему на две области, влажную область и сорбционную область. Основываясь на

определениях постоянной скорости, первой скорости падения и второй скорости падения периодов, характеристики большинства процессов сушки могут быть описаны математически [20].

Для обобщения тепло- и массообмена результаты экспериментальных исследова-

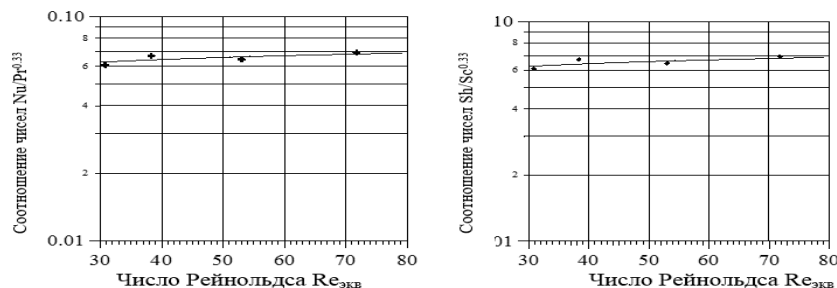


Рис. 2

Неизвестные значения коэффициентов A и n определены из графических зависимостей на рис. 2, и они справедливы в пределах числа Рейнольдса $10 \leq Re \leq 100$, принимали, что $Sh \sim Sc^{0.33}$, а $Nu \sim Pr^{0.33}$.

Тогда зависимость (3) для влажного волокнистого материала будет иметь вид:

$$Nu = 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot Re_e^{0,1} \cdot Pr^{0,33}, \quad (5)$$

а зависимость (4) для массообмена влажного волокнистого материала будет иметь вид:

$$Sh = 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot Re_e^{0,1} \cdot Sc^{0,33}. \quad (6)$$

Как видно из зависимостей (5) и (6), для обоих случаев уравнение в безразмерных комплексах характеризуются одинаковыми показателями степени у числа Рейнольдса, что указывает на одинаковое влияние гидродинамики на эти коэффициенты. Несмотря на различную природу теплообменных и массообменных процессов, которая оценивается числами Прандтля и Шмидта, экспериментально определенные комплексы $\frac{Nu}{Pr^{0,33}}$ и $\frac{Sh}{Sc^{0,33}}$ совпадают между собой для одинаковых чисел Рейнольдса (каждая точка на рис. 2 и 3 получена усред-

ний представим на рис. 2 в виде функциональных зависимостей $\frac{Nu}{Pr^{0,33}} = f(Re_e)$ и

$$\frac{Sh}{Sc^{0,33}} = f(Re_e).$$

нением минимум 3-х экспериментов). Это соответствует утверждениям, приведенным в работах [6], [17], [20], и аналогичны уравнениям, полученным этими исследователями.

С целью определения аналогии между этими процессами приравняем эти комплексы между собой:

$$\frac{Nu}{Pr^{0,33}} = \frac{Sh}{Sc^{0,33}},$$

или

$$\frac{\alpha d_e}{\lambda \left(\frac{v}{a}\right)^{0,33}} = \frac{\beta d_e}{D \left(\frac{v}{D}\right)^{0,33}}, \quad (7)$$

откуда

$$\frac{\alpha}{c_p} = \beta \left(\frac{a}{D}\right)^{0,67}. \quad (8)$$

Учитывая то, что число Льюиса $\frac{D}{a} = Le$, вышеприведенную зависимость можно представить в виде:

$$\beta = \frac{\alpha}{c_p} Le^{\frac{2}{3}}. \quad (9)$$

Таким образом, для первого периода фильтрационной сушки можем определить β , если известен коэффициент теплоотдачи α .

Максимальное отклонение расчетных значений числа Нуссельта и числа Шервуда от экспериментальных данных не превышает 4%.

Для случая эксперимента, когда тепловой агент не полностью насыщается влагой, вследствие малости толщины слоя (20 мм) уравнение (6) можно записать в виде:

$$\text{Sh} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{Re}_e^{0,95} \text{Sc}^{0,33}. \quad (10)$$

В качестве примера приводим графическую зависимость $\frac{\text{Nu}}{\text{Pr}^{0,33}} = f(\text{Re})$ и $\frac{\text{Sh}}{\text{Sc}^{0,33}} = f(\text{Re})$ для исследуемых волокнистых материалов на одном графике (рис. 3: 1 – тепловой агент полностью насыщен влагой, 2 – частично насыщен влагой (для случая эксперимента, когда тепловой агент не полностью насыщается влагой, вследствие малости толщины слоя (20 мм)). Несмотря на разную природу теплообменных и массообменных процессов, которая оценивается числами Прандтля и Шмидта, определенным экспериментальным путем комплексы $\frac{\text{Nu}}{\text{Pr}^{0,33}}$ и $\frac{\text{Sh}}{\text{Sc}^{0,33}}$ совпадают между собой при одинаковых числах Рейнольдса [9].

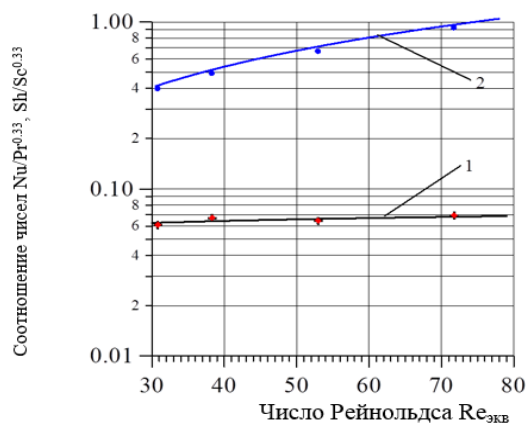


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Приведенные зависимости (5) и (6) позволяют определить коэффициенты теплоотдачи и массоотдачи при фильтрационной сушке в стационарном слое для волокнистого материала в пределах изменения числа Рейнольдса ($10 \leq \text{Re} \leq 100$) и прогнозировать затраты тепловой энергии на

процесс и соответственно эксплуатационные затраты на этапе проектирования и установить экономическую целесообразность метода сушки.

При фильтрационной сушке в первом периоде происходит одновременно передача тепла от теплового агента к поверхности высушиваемого материала и передача влаги с поверхности частиц к тепловому агенту. Характерным для обоих процессов является зависимость плотности потока тепла или массы от поверхности высушиваемого материала, разницы температур или концентраций (влагосодержания). Наибольшее влияние на значение коэффициентов теплоотдачи α и массоотдачи β имеет гидродинамика, которая оценивается числом Рейнольдса. Из приведенных зависимостей видно, что для обоих случаев уравнения, в обобщенных переменных аналогичные между собой, характеризуются одинаковыми показателями степени при числе Рейнольдса, что указывает на одинаковое влияние гидродинамики на коэффициенты теплоотдачи и массоотдачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lv N., Wang X., Peng S., Luo L., Zhou R. Super hydro phobic/super oleophilic cotton-oil absorbent: preparation and its application in oil/water separation // RSC Advances. – №8, 2018. P.30257...30264.
2. Иброгимов Х.И., Алимардонов К.М., Зулъфанов С.З., Бадалов А.Б. Термодинамические характеристики процесса дегидратации хлопка-сырца // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 4. С. 19...22.
3. Болтабоев С.Д., Парниев А.П. Сушка хлопка-сырца. – Ташкент: "Укитувчи", 1980.
4. Шайхов Э. Т., Нормухамедов Н. и др. Пахтачилик. –Ташкент: Мехнат, 1990.
5. Лыков А. В. Теория сушки. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Энергия, 1968.
6. Ажиметова Г.Н. Мировой опыт и обзор развития хлопководства в Казахстане // Современные проблемы науки и образования. – 2011, №1. С.53...58.
7. Автономов А.И., Казиев М.З., Шлейхер А.И. и др. Хлопководство. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1983.
8. Максудов И.Т., Нуралиев А.Н. Справочник по первичной обработке хлопка. –Ташкент: НПО "Хлопкопром", 1994.
9. Atamanyuk V., Gnativ Z., Kindzera D., Janabayev D., Khusanov A., Kaldybaeva B. Hydrodynamics of Cotton Filtration Drying // Chemistry & Chemical Technology. – Vol.14, №3, 2020. P. 426...432.

10. Khussanov A.Ye., Atamanyuk V.M., Kaldybaeva B. M., Abilmagzhanov A. Zh., Janabayev D. Zh., Khussanov Zh. Ye. Calculation of Hydraulic Resistance During Filtration Drying of Raw Cotton // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. – Vol. 3, №441. P.134...141.

11. Hagi A.K., Thomas S., Pothan L.A. Heat and Mass Transfer in Fibrous Materials: Theory and Applications. – New Delhi: Publisher&Distributors.LTD., 2009.

12. Azimov A.M., Zhantasov K.T., Abiyev R.Sh., Satayeva L.M., Khusanov A.E. Modeling of water desalination in the membranes of a coaxial cylindrical Form // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, №3. P. 235...241.

13. Rotstein E. and Cornish A.R.H. Influence of Cellular Membrane Permeability on Drying Behavior // J. Food Sci. – Vol. 43, 1978. P. 926...934.

14. Bramhall G. Sorption Diffusion in Wood // Wood Sci. – Vol. 12, 1979. P. 3...13.

15. Whitaker S. and Chou W.T. Drying Granular Porous Media-Theory and Experiment // Drying Tech. Int. J. – Vol.1, 1983. P. 3...5.

16. Mujumdar Arun S. Handbook of Industrial Drying Fourth Edition. – New- York: LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business, 2015.

17. Атаманюк В.М., Гумницький Я.М. Наукові основи фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2013.

18. Suzuki M., Maeda S. On the Mechanism of Drying of Granular Beds, Mass Transfer from Discontinuous Source // J. Chem. Eng. Japan. – Vol.1, 1968. P.26...31.

19. Larson R.G., Scriven L.E. and Davis H.T. Percolation Theory of Two-Phase Flow in Porous Media // Chem. Engng Sci. – Vol. 36, 1981. P. 57...73.

20. Chen P. and Pei D.C. A Mathematical Model of Drying Processes // Int J. Heat Mass Transfer. – Vol.32(2), 1989. P.297...310.

REFERENCES

1. Lv N., Wang X., Peng S., Luo L., Zhou R. Super hydro phobic/super oleophilic cotton-oil absorbent: preparation and its application in oil/water separation // RSC Advances. – №8, 2018. R.30257...30264.

2. Ibrogimov Kh.I., Alimardonov K.M., Zul'fanov S.Z., Badalov A.B. Termodinamicheskie kharakteristiki protsessa degidratatsii khlopka-syrtsa // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, № 4. S. 19...22.

3. Boltaboev S.D., Parpiev A.P. Sushka khlopka-syrtsa. – Tashkent: "Ukituvchi", 1980.

4. Shaykhov E. T., Normukhamedov N. i dr. Pakhtachilik. – Tashkent: Mekhnat, 1990.

5. Lykov A. V. Teoriya sushki. – Izd. 2-e, pererab. – M.: Energiya, 1968.

6. Azhimetova G.N. Mirovoy opyt i obzor razvitiya khlopkovodstva v Kazakhstane // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2011, №1. S.53...58.

7. Avtonomov A.I., Kaziev M.Z., Shleykher A.I. i dr. Khlopkovodstvo. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: Kolos, 1983.

8. Maksudov I.T., Nuraliev A.N. Spravochnik po pervichnoy obrabotke khlopka. – Tashkent: NPO "Khlopkoprom", 1994.

9. Atamanyuk V., Gnativ Z., Kindzera D., Janabayev D., Khusanov A., Kaldybaeva B. Hydrodynamics of Cotton Filtration Drying // Chemistry & Chemical Technology. – Vol.14, №3, 2020. P. 426...432.

10. Khussanov A.Ye., Atamanyuk V. M., Kaldybaeva B. M., Abilmagzhanov A. Zh., Janabayev D. Zh., Khussanov Zh. Ye. Calculation of Hydraulic Resistance During Filtration Drying of Raw Cotton // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. – Vol. 3, №441. P.134...141.

11. Hagi A.K., Thomas S., Pothan L.A. Heat and Mass Transfer in Fibrous Materials: Theory and Applications. – New Delhi: Publisher&Distributors.LTD., 2009.

12. Azimov A.M., Zhantasov K.T., Abiyev R.Sh., Satayeva L.M., Khusanov A.E. Modeling of water desalination in the membranes of a coaxial cylindrical Form // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, №3. R. 235...241.

13. Rotstein E. and Cornish A.R.H. Influence of Cellular Membrane Permeability on Drying Behavior // J. Food Sci. – Vol. 43, 1978. P. 926...934.

14. Bramhall G. Sorption Diffusion in Wood // Wood Sci. – Vol. 12, 1979. P. 3...13.

15. Whitaker S. and Chou W.T. Drying Granular Porous Media-Theory and Experiment // Drying Tech. Int. J. – Vol.1, 1983. P. 3...5.

16. Mujumdar Arun S. Handbook of Industrial Drying Fourth Edition. – New- York: LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business, 2015.

17. Atamanyuk V.M., Gumnits'kiy Ya.M. Naukovi osnivi fil'tratsiyonogo sushinnya dispersnikh materialiv. – L'viv: Vidavnitstvo Natsional'nogo universitetu "L'vivs'ka politekhnika", 2013.

18. Suzuki M., Maeda S. On the Mechanism of Drying of Granular Beds, Mass Transfer from Discontinuous Source // J. Chem. Eng. Japan. – Vol.1, 1968. P.26...31.

19. Larson R.G., Scriven L.E. and Davis H.T. Percolation Theory of Two-Phase Flow in Porous Media // Chem. Engng Sci. – Vol. 36, 1981. P. 57...73.

20. Chen P. and Pei D.C. A Mathematical Model of Drying Processes // Int J. Heat Mass Transfer. – Vol.32(2), 1989. P.297...310.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 11.10.21.

УДК 687.021/ 617.3 / 616-007.246
DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_169

**РАЗРАБОТКА ОДЕЖДЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ВРОЖДЕННЫМИ
И ПРИОБРЕТЕННЫМИ НАРУШЕНИЯМИ ОСАНКИ**

**CLOTHES DESIGN FOR CHILDREN WITH CONGENITAL
AND ACQUIRED POSTURE DISORDERS**

Р.Ф. КАЮМОВА, З.Р. ГРИГОРЬЕВА, О.Н. БУДЕЕВА

R.F. KAYUMOVA, Z.R. GRIGORIEVA, O.N. BUDEEVA

(Уфимский государственный нефтяной технический университет)

(Ufa State Petroleum Technological University)

E-mail: karuf1@yandex.ru, zarema_grigoreva@inbox.ru, olga.budeeva@yandex.ru

Актуальность проблемы нарушения осанки в современном обществе связана с изменением образа жизни, физической активности, условий проживания. Цель работы заключается в разработке одежды для профилактики нарушений осанки и социальной адаптации детей с врожденными и приобретенными нарушениями осанки. Учтены функциональные смещения оси позвоночного столба в сагиттальной плоскости и во фронтальной плоскости. При решении поставленных задач применены теоретические и экспериментальные методы. Социологические и антропометрические исследования позволили определить особенности телосложения, требования и предпочтения, отдаваемые ассортименту одежды, конструктивным решениям, материалам. При обработке результатов были использованы методы априорного ранжирования и программный пакет Statistica 8. Определение параметров оптимизации конструктивных элементов, составляющих пакет изделий, формирующих нормальную осанку, выполнено с использованием результатов полного факторного эксперимента. Совершенствование методов проектирования одежды, с возможностью корректирования недостатков асимметричной фигуры с применением методов геометрического и физического моделирования для преобразования поверхностей, позволило получить высокую оценку качества посадки от потребителей и специалистов. Опытная партия изделий, формирующих нормальную осанку, была изготовлена в производственных условиях и прошла опытную носку. Использование разработанной авторами одежды позволяет, благодаря корректирующим элементам, контролировать и осуществлять профилактику нарушений осанки, а также максимально скрывать врожденные дефекты осанки. Это в комплексе обеспечивает эффект социально-психологической адаптации детей и подростков.

The relevance of posture disorders problem in modern society is associated with changes in lifestyle, physical activity, living conditions. The aim of the present work is to develop clothing for the prevention of posture disorders and social adaptation of children with congenital and acquired posture disorders. Functional displacements of the vertebral column axis in the sagittal plane and in the frontal plane are taken into account. Theoretical and experimental methods were used to solve the tasks set. Sociological and anthropometric studies have allowed us to determine the features of the physique, the requirements and preferences given to the range of clothing, design solutions, materials. When processing the results, a priori ranking methods and the Statistica 8 software package were used. The parameters of the structural elements optimization that make up the package of products forming a normal posture were determined by using the results of a full factor experiment. The improvement of clothing design methods, with the possibility of correcting the shortcomings of an asymmetric figure by using geometric and physical modeling methods to transform surfaces, allowed us to get a high assessment of the fit quality from consumers and specialists. An experimental batch of products that form a normal posture was made in production conditions and underwent an experimental wear. The use of clothing, designed by the authors, allows, thanks to corrective elements, to control and prevent posture disorders, as well as to hide congenital defects of posture as much as possible. This in combination provides the effect of socio-psychological adaptation of children and teenagers.

Ключевые слова: социально-психологическая адаптация, сколиоз, сколиотическая осанка, асимметричная фигура, профилактика нарушений осанки, детская одежда для формирования нормальной осанки, BustCAD, коррекция осанки, реклинатор.

Keywords: socio-psychological adaptation scoliosis posture, asymmetric figure, prevention of posture disorders, scoliosis, children's clothing for the formation of normal posture, BustCAD, posture correction, retractor.

Любое государство заботится о здоровье своего подрастающего поколения. Одним из главных показателей развития страны является отношение к сбережению здоровья детей. В 2011 г. на заседании Координационного совета при Президенте по реализации стратегии действий в интересах детей на 2012-2017 годы В.В. Путин привел данные по статистике, согласно которым в 2011 г. количество абсолютно здоровых подростков оказалось равным всего 16%, а у 54,3% детей были выявлены различные функциональные нарушения, из которых 5% связаны с инвалидностью [18].

В современном мире цифровых технологий увеличивается количество детей и подростков с врожденными и приобретенными нарушениями осанки. Нарушение осанки приводит к социальной неуспеш-

ности, состоянию хронического стресса [10...12], [17], [19]. Также отмечаются многочисленные личностные нарушения под влиянием различных психогенных факторов, а также развитие таких черт, как замкнутость, эмоционально-волевой инфантилизм [1], [2], [4], [20].

Действенным фактором, влияющим на психическое состояние человека, является одежда. Чем спокойнее, раскованнее чувствует себя ребенок в одежде, тем позитивнее воспринимает он себя и свое окружение [3], [5]. Одежда, которая помогает человеку преодолеть недуг, а также скрывает врожденные нарушения осанки, обеспечивает более высокое качество жизни.

При нарушении осанки во фронтальной плоскости (сколиотическая осанка) возникает асимметрия между правой и левой половиной туловища относительно сред-

несагиттальной плоскости. Трудности в выборе и изготовлении одежды для детей и подростков со сколиотической осанкой связаны с различиями в измерениях правой и левой половины туловища по высотным, дуговым, проекционным измерениям (рис. 1 – фигура с асимметричной (сколиотической) осанкой).

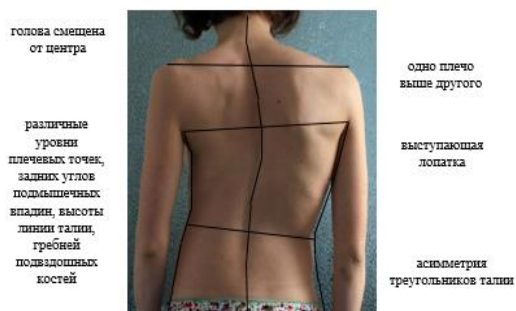


Рис. 1

Кафедрой технологии и конструирования одежды УГНТУ были проведены антропометрические исследования особен-

ностей телосложения обучающихся в Уфимской специальной (коррекционной) общеобразовательной школе-интернат №13 для детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата в количестве 113 человек бесконтактным и контактными способами с применением устройства для снятия мерок с асимметричной фигуры [13]. Все дети были разделены на три группы по степени асимметрии. В первой группе фигуры условно симметричные с незначительным отклонением от симметрии до 5%, во второй – различия в величинах одноименных размерных признаков правой и левой половинок тела существенны – от 5 до 10% и в третьей более 10%.

Анализ результатов исследований показал распределение школьников в процентном соотношении в зависимости от общего количества по группам степени асимметрии (табл. 1 – распределение школьников по группам в зависимости от величины асимметрии).

Таблица 1

№ п/п	Степень асимметрии	Младшая школьная группа, %	Средняя школьная группа, %	Старшая школьная группа, %
1	I	21,2	21,2	23,9
2	II	9,7	8,8	7,2
3	III	3,5	1,8	2,7

Ранжирование показало, что значительная часть детей (33,7%) нуждается в особом внимании, в коррекции осанки и изготовлении индивидуальной одежды. Совершенствование методов проектирования одежды на фигуры с нарушениями осанки основано на перераспределении объемов, прибавок свободного облегания и сглаживании контуров тела с целью улучшения зрительного восприятия. Доказана эффективность разработки получения развертки виртуального манекена, с учетом особенностей телосложения тела человека.

Разработаны 2D- и 3D-методы проектирования одежды на асимметричные фигуры [8]. Данные методы основаны на оценке степени асимметрии, перераспределении дуговых размерных признаков (ширин, обхватов), а также на определении возможных направлений улучшения зри-

тельного восприятия фигуры в одежде путем перераспределения конструктивных прибавок.

При этом наиболее эффективным определен метод с применением системы автоматизированного проектирования одежды BustCAD, предоставляющий возможность полуавтоматической подстройки трехмерного манекена по параметрам индивидуальной фигуры с учетом осанки, формы груди, спины, талии, живота и бедер. Для получения развертки фигуры с асимметрией на основе фотографических изображений, используется модуль интерактивной подстройки манекена для получения трехмерного манекена отдельно для каждой из сторон туловища с учетом возможной коррекции асимметрии, например, некоторое выравнивание линии плеч по длине и высоте, подразумевая возможность использо-

вания в готовом изделии плечевых накладок различной толщины; сглаживания боковых контуров фигуры с S-образным сколиозом, выравнивая линии на уровнях впадин и т.п.

На следующем этапе проектирования изделий, для людей с нарушениями осанки в сагиттальной плоскости, решался вопрос возможности профилактики и исправления нарушений осанки с помощью одежды со встроенными элементами.

Коррекция осанки наиболее эффективна в детском и подростковом возрасте. Наиболее распространенными средствами для профилактики нарушения осанки в сагиттальной плоскости являются эластичные и неэластичные корректоры осанки и реклинаторы различной конструкции. Несмотря на конструктивные различия, корректоры осанки имеют общие детали: плечевые бретели, жесткие детали на спинке и пояс. Перечисленные детали в комплексе, оказывая давление на лопатки и мышцы спины, принудительно оттягивают фигуру человека назад и выпрямляют ее. Мышцы позвоночника при этом освобождаются от части нагрузки, и позвонки получают возможность занять правильное положение.

Как показал анализ литературных источников и опросы врачей ортопедов, величину давления корректирующих участков ортопедических средств при их покупке не измеряют и не контролируют. При этом повышенное давление на отдельные участки тела ребенка может привести к нарушению кровоснабжения. Кроме того, корректоры осанки сложно скрыть под одеждой, поэтому на кафедре технологии и конструирования одежды была разработана многофункциональная бытовая детская одежда, которая одновременно служит инструментом для поддержания нормальной осанки [14].

Наиболее оптимальными видами новой одежды оказались сарафаны (для девочек) и полукомбинезоны (для мальчиков и девочек). Модели детской одежды показаны на рис. 2 (модели детской одежды, формирующей нормальную осанку). Каждая модель имеет такие конструктивные элементы, как эластичные бретели, верхний уча-

сток спинки, плотно прилегающий к телу, и пояс. Изменять давление корректирующих элементов изделий можно, варьируя ширину эластичных и неэластичных участков на поверхности бретелей.

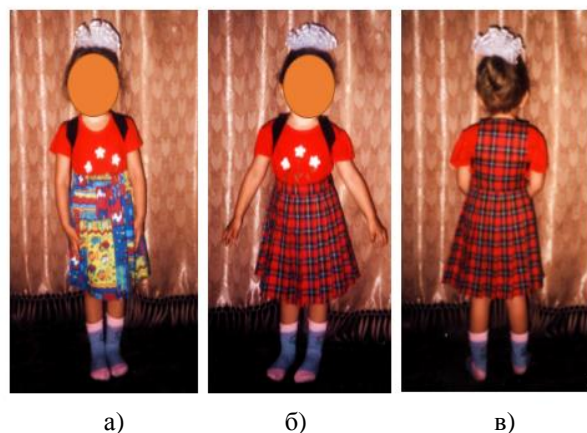


Рис. 2

Согласно результатам исследований, проведенных в 2016-2017 гг., были внесены конструктивно-технологические коррективы в изделия для формирования нормальной осанки. В частности, была определена оптимальная ширина бретелей, равная 35 мм, а также направление соединения бретелей с верхней и боковой частями спинки изделия [9]. Как показали результаты проведенных опросов среди жителей г. Уфы, подобные многофункциональные детские изделия востребованы на рынке услуг.

ВЫВОДЫ

1. Усовершенствованы 2D- и 3D-методы проектирования одежды на асимметричные фигуры и апробированы при изготовлении школьной формы для детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата, в том числе с заболеванием детский церебральный паралич в количестве 113 человек [6], [7]. Доказана эффективность разработки метода получения развертки виртуального манекена, с учетом особенностей телосложения тела человека. Хорошая посадка швейных изделий, изготовленных с применением законов зрительных иллюзий – это шаг к социализации

людей с ограниченными возможностями здоровья.

2. Разработано устройство оригинальной конструкции [15], [16] в одежде, формирующей нормальную осанку, корригирующие элементы в виде бретелей, которые создают требуемое давление на проблемных участках тела ребенка. Опытная партия подобных изделий была изготовлена в условиях ООО «Социально-реабилитационное предприятие Всероссийского общества глухих» г. Стерлитамака на основании заключенного лицензионного договора. Результаты опытной носки среди детей, находящихся на учете в диспансере, показали, что изделия в 90% случаев приводили к улучшению их состояния и самочувствия.

3. Действенным фактором социально-психологической адаптации, улучшения самочувствия детей с нарушениями осанки является многофункциональная одежда, формирующая нормальную осанку, и одежда с высоким качеством посадки на фигуре, в то же время скрывающая врожденные дефекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cheung, P. W. H., Wong, C. K. H., & Cheung, J. P. Y. An insight into the health-related quality of life of adolescent idiopathic scoliosis patients who are braced, observed, and previously braced // *Spine*. – №44(10), 2019. P. 596...605.

2. Han J., Xu Q., Yang Y. et al. Evaluation of quality of life and risk factors affecting quality of life in adolescent idiopathic scoliosis // *Intractable Rare Dis Res*. – Vol. 4(1), 2015. P. 12...16.

3. Polivara Z.V., Asylbekova M.P., Budeeva O.N., Zabirowa G.A., Kim L.I., Dzhilkishieva M.S. Problems of inclusive education of disabled children in the context of integration into modern society // *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*. – V. 25, № July, 2017. P. 73...88.

4. Schwieger T., Campo S., Weinstein S. Body Image and Quality of Life and Brace Wear Adherence in Females With Adolescent Idiopathic Scoliosis // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. – V. 37, № 8, 2017. P.519...523.

5. Белоусова Н.А. и др. Психофизиологические закономерности адаптации подростков с дисфункцией опорно-двигательного аппарата (профессионально-образовательный аспект) // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2017, № С. С.43...54

6. В Уфе УГУЭС и БФ «Поколение Ашан» обеспечили воспитанников школы-интернат №13

новой формой. Сетевое издание «ToDay News Ufa» – <http://tdnu.ru/article/society/v-ufe-ugues-i-bf-pokolenie-ashan-obespechili-vospitannikov-shkoly-internata-13-novoj-formoj> (дата обращения 08.06.2021).

7. Габитова, Р. Учусь с комфортом. Молодежная газета / Р. Габитова. – <http://ufa.bezformata.ru/listnews/uchus-s-komfortom/31594835> (дата обращения 08.06.2021).

8. Григорьева З.Р., Иванчик Е.А., Горелова А.Е. Разработка методик проектирования одежды на фигуры с нарушениями осанки // *Вестник Технологического университета*. – 2016. Т 2, № 12. С.99...101.

9. Каюмова Р.Ф. Формирование ассортиментной политики предприятий индустрии моды в Республике Башкортостан // *Дизайн и технология*. – 2011, № 26 (68). С. 75...80.

10. Куреева Т.И. Социально-психологическая адаптация и самоотношение подростков со сколиозом // *Международный научно-исследовательский журнал: электрон. науч. журн.* – 2020, № 11(101). С.140...143.

11. Коломиец С.И. Особенности адаптации детей с различной степенью сколиоза // *Science of Europe*. – 2016, № 10-2(10). С.22...27.

12. Лазаренко К.П. Решение проблемы адаптации детей с патологией опорно-двигательного аппарата // *Сб. ст. IV регион. науч.-практ. конф.: Современное состояние здоровья детей*. – Гродно, 2016. С. 137...140.

13. Пат. 178585 Российская Федерация. Устройство для снятия мерок с асимметричной фигуры / З.Р. Григорьева; заявитель и патентообладатель Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. – № 2017135894; заявл. 09.10.2017; опубл. 11.04.2018, Бюл. №11.

14. Каюмова Р.Ф., Бикбулатова А.А. Разработка детской одежды, формирующей нормальную осанку у детей младшего школьного возраста // *Швейная промышленность*. – 2006, № 4. С.45...46.

15. Пат. 68250. Российская Федерация. Установка для измерения величины давления корригирующих элементов одежды на тело человека / Л.Р. Гирфанова; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Уфимская гос. академия экономики и сервиса № 2007126244/22; заявл. 18.12.00, опубл. 20.08.02, Бюл. 24 – 12 с.

16. Пат. 68250. Российская Федерация. Установка для измерения величины давления корригирующих элементов одежды на тело человека / Л.Р. Гирфанова; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Уфимская гос. академия экономики и сервиса № 2007126244/22; заявл. 18.12.00, опубл. 20.08.02, Бюл. 24 – 12 с.

17. Потанчук А.А., Дидур М.Д. Осанка и физиологическое развитие детей. – СПб.: Речь, 2001.

18. Путин В.В. От сохранения здоровья детей зависит будущее государства. – <https://vm.ru/news/495149-vladimir-putin-ot-sohraneniya-zdorovya-detej-zavisit-budushee-nacii-nashego-gosudarstva> (Дата доступа 2.11.2020)

19. Пятакова Г.В., Оконежникова О.В., Кожевникова А.О., Виссарионов С.В. Психологические аспекты лечения и реабилитации пациентов с подростковым идиопатическим сколиозом: анализ исследований // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2019. Т. 7, №2. С. 103...115.

20. Эммануилиди И.П. Методика коррекции нарушения осанки у детей младшего школьного возраста // Наука. Инновации. Технологии. – 2007, № 50. С. 90...94.

REFERENCES

1. Cheung, P. W. H., Wong, C. K. H., & Cheung, J. P. Y. An insight into the health-related quality of life of adolescent idiopathic scoliosis patients who are braced, observed, and previously braced // *Spine*. – №44(10), 2019. R. 596...605.

2. Han J., Xu Q., Yang Y. et al. Evaluation of quality of life and risk factors affecting quality of life in adolescent idiopathic scoliosis // *Intractable Rare Dis Res.* – Vol. 4(1), 2015. R. 12...16.

3. Polivara Z.V., Asylbekova M.P., Budeeva O.N., Zabirowa G.A., Kim L.I., Dzhilkishieva M.S. Problems of inclusive education of disabled children in the context of integration into modern society // *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*. – V. 25, № July, 2017. R. 73...88.

4. Schwieger T., Campo S., Weinstein S. Body Image and Quality of Life and Brace Wear Adherence in Females With Adolescent Idiopathic Scoliosis // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. – V. 37, № 8, 2017. R.519...523.

5. Belousova N.A. i dr. Psikhofiziologicheskie zakonomernosti adaptatsii podrostkov s disfunktsiyey oporno-dvigatel'nogo apparata (professional'no-obrazovatel'nyy aspekt) // *Chelovek. Sport. Meditsina*. – 2017, № S. S.43...54

6. V Ufe UGUES i BF «Pokolenie Ashan» obespechili vospitannikov shkoly-internat №13 novoy formoy. Setevoe izdanie «ToDay News Ufa» – <http://tdnu.ru/article/society/v-ufe-ugues-i-bf-pokolenie-ashan-obespechili-vospitannikov-shkoly-internata-13-novoj-formoj> (data obrashcheniya 08.06.2021).

7. Gabitova, R. Uchus' s komfortom. *Molodezhnaya gazeta* / R. Gabitova. – <http://ufa.bezformata.ru/listnews/uchus-s-komfortom/31594835> (data obrashcheniya 08.06.2021).

8. Grigor'eva Z.R., Ivanchik E.A., Gorelova A.E. Razrabotka metodik proektirovaniya odezhd na figury s narusheniyami osanki // *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*. – 2016. T 2, № 12. S.99...101.

9. Kayumova R.F. Formirovanie assortimentnoy politiki predpriyatiy industrii mody v Respublike Bashkortostan // *Dizayn i tekhnologiya*. – 2011, № 26 (68). S. 75...80.

10. Kireeva T.I. Sotsial'no-psikhologicheskaya adaptatsiya i samootnoshenie podrostkov so skoliozom // *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal: elektron. nauch. zhurn.* – 2020, № 11(10). S.140...143.

11. Kolomiets S.I. Osobennosti adaptatsii detey s razlichnoy stepen'yu skolioza // *Science of Europe*. – 2016, № 10-2(10). S.22...27.

12. Lazarenko K.P. Reshenie problemy adaptatsii detey s patologiyey oporno-dvigatel'nogo apparata // *Sb. st. IV region. nauch.-prakt. konf.: Sovremennoe sos toyanie zdorov'ya detey*. – Grodno, 2016. S. 137...140.

13. Pat. 178585 Rossiyskaya Federatsiya. Ustroystvo dlya snyatiya merok s asimmetrichnoy figury / Z.R. Grigor'eva; zayavitel' i patentoobladatel' Ufimskiy gos. nefn. tekhn. un-t. – № 2017135894; zayavl. 09.10.2017; opubl. 11.04.2018, Byul. №11.

14. Kayumova R.F., Bikbulatova A.A. Razrabotka detskoy odezhd, formiruyushchey normal'nyu osanku u detey mladshego shkol'nogo vozrasta // *Shveyntaya promyshlennost'*. – 2006, № 4. S.45...46.

15. Pat. 68250. Rossiyskaya Federatsiya. Ustanovka dlya izmereniya velichiny davleniya korrigiruyushchikh elementov odezhd na telo cheloveka / L.R. Girfanova; zayavitel' i patentoobladatel' GOU VPO Ufimskaya gos. akademiya ekonomiki i servisa № 2007126244/22; zayavl. 18.12.00, opubl. 20.08.02, Byul. 24 – 12 s.

16. Pat. 68250. Rossiyskaya Federatsiya. Ustanovka dlya izmereniya velichiny davleniya korrigiruyushchikh elementov odezhd na telo cheloveka / L.R. Girfanova; zayavitel' i patentoobladatel' GOU VPO Ufimskaya gos. akademiya ekonomiki i servisa № 2007126244/22; zayavl. 18.12.00, opubl. 20.08.02, Byul. 24 – 12 s.

17. Potapchuk A.A., Didur M.D. Osanka i fiziologicheskoe razvitiye detey. – SPb.: Rech', 2001.

18. Putin V.V. Ot sokhraneniya zdorov'ya detey zavisit budushchee gosudarstva. - <https://vm.ru/news/495149-vladimir-putin-ot-sohraneniya-zdorovya-detej-zavisit-budushee-nacii-nashego-gosudarstva> (Data dostupa 2.11.2020)

19. Pyatakova G.V., Okoneshnikova O.V., Kozhevnikova A.O., Vissarionov S.V. Psikhologicheskie aspekty lecheniya i reabilitatsii patsientov s podrostkovym idiopaticeskim skoliozom: analiz issledovaniy // *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta*. – 2019. T.7, №2. S. 103...115.

20. Emmanuilidi I.P. Metodika korrektsii narusheniya osanki u detey mladshego shkol'nogo vozrasta // *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii*. – 2007, № 50. S.90...94.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования одежды. Поступила 08.10.21.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕНЯЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ***

**VARIABLE ELEMENTS OF A MATERIAL PACKAGE DESIGN
FOR THE CREATION OF UNIVERSAL PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT**

Е.П. ТАМБОВЦЕВА, Г.П. ЗАРЕЦКАЯ

E.P. TAMBOVTSEVA, G.P. ZARETSKAYA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: tambovtseva-ep@rguk.ru; zaretskaya-gp@rguk.ru

В статье рассмотрены вопросы создания универсальных средств индивидуальной бронезащиты с изменяемым пакетом материалов. Задача расширения применимости существующего мужского бронезиленета решается за счет включения в пакет материалов дополнительного вкладыша, соответствующего женской фигуре. Предложен подход к проектированию формы вкладыша путем определения воздушных зазоров между составными частями бронезиленета с применением реконструктивных методов. Введено понятие промежуточной формы, позволяющее учитывать слои пакета бронезиленета, образованные отдельными предметами одежды. Описан пример расчета толщины вкладыша для индивидуальной женской фигуры. Также выделены виды армирующих основ, перспективных для разработки вкладышей, из числа уже имеющих применение в легкой промышленности.

The article deals with the creation of individual body armour universal means with a variable package of materials. The problem of expanding the applicability of the existing male body armour is solved by including in the package of materials an additional insert corresponding to the female figure. An approach to designing the shape of the liner by determining the air gaps between the components of the body armour by using reconstructive methods is proposed. The concept of an intermediate form is introduced making it possible to take into account the layers of the body armor package formed by individual items of clothing. An example of calculating the thickness of the liner for an individual female figure is described. Also, the types of reinforcing bases that are promising for the development of liners, from among those already used in the light industry, are highlighted.

Ключевые слова: проектирование, пакет материалов, бронезиленет, женская фигура, промежуточная форма, расчет толщины, вкладыш, универсальность, армирование, моделирование.

Keywords: design, packet of materials, body armour, female figure, intermediate form, thickness calculation, liner, versatility, reinforcement, modelling.

* Исследование на тему «Метод проектирования универсальных средств индивидуальной защиты с изменяемым пакетом материалов» получило финансовую поддержку (грант) РФФИ в рамках научного проекта №20-31-90116, 2020 г., г.Москва.

Одной из важнейших задач создания современных средств индивидуальной бронезащиты является разработка оптимальных материалов, позволяющих эффективно противодействовать поражающим факторам общевойскового боя, а также преступным посягательствам в мирное время [1].

Общей целью исследований является разработка метода проектирования одежды, направленного на создание универсальных средств индивидуальной защиты за счет изменяемого пакета материалов [2].

Пакет бронежилета, состоит из трех групп элементов: внешнего чехла, позволяющего придать жилету требуемую форму; высокопрочного текстильного материала; амортизирующей части [1].

При этом существующие бронежилеты не обладают защитой от болевого шока, более выраженного у женщин, ввиду концентрации фронтальной нагрузки в области груди. Предложена конструкция адаптированного мужского бронежилета, пригодная для женщин, которая, при наличии дополнительного амортизирующего вкладыша со специальным пакетом материалов, смягчит удар. Однако при разработке вкладыша для готового изделия применение конструктивных методов затруднено.

Альтернативой конструктивным являются реконструктивные методы моделирования особенностей тела человека, воссоздаваемые по двумерным изображениям или по набору антропометрических параметров. Существует метод реконструкции трехмерных моделей по двумерным изображениям тела человека, предложенный гонконгскими специалистами [3...5].

Особенность метода заключается в возможности реконструировать антропометрические характеристики человека, даже если измерения снимались в свободной одежде. Данный метод позволяет строить модели тела человека по фотографиям. На испытуемых одежда прилегающего и свободного силуэта. На начальной стадии проводят анализ 2D-проекционных особенностей формы тела под одеждой в следующей последовательности: сначала вычитывается разница между пограничными

точками и соответствующими предполагаемыми точками тела. От 7 до 9 точек выбираются на одном уровне профиля; затем из базы проекций реальных фигур, составляющей 5000 единиц, выбирается N профилей. Условие выбора заключается в наименьшем значении суммарной разницы заданных пограничных точек. Результатом является синтезирование нового профиля путем объединения всех выбранных N профилей.

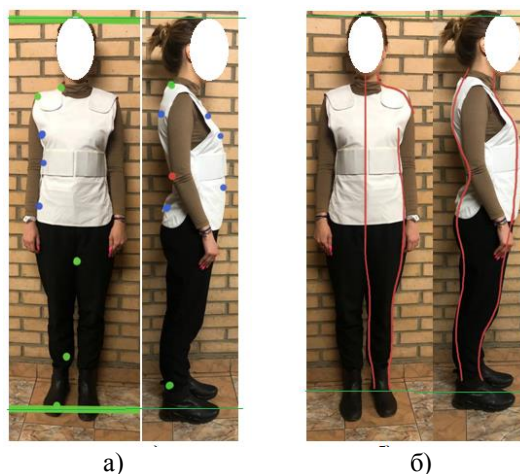


Рис. 1

Воспользовавшись предложенным методом, мы провели исследование для индивидуальной женской фигуры (рис. 1 – анализ 2D-проекций тела человека в одежде: а – определение антропометрических точек на 2D-изображении тела человека; б – построение абрисов фигуры).

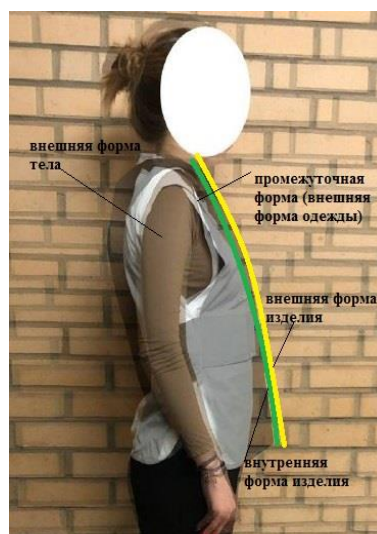


Рис. 2

При котором появилась необходимость ввести понятие «промежуточная форма», которая в нашем случае обозначает слой изделия (жилет) между внешней формой тела человека и внутренней формой изделия (рис. 2 – изображение «промежуточной формы»).

В результате удалось выявить формы воздушных зазоров между промежуточной формой и внутренней формой изделия (рис. 3 – графическое изображение воздушного зазора между промежуточной формой и внутренней формой изделия).



Рис. 3

Для того чтобы абрисы фигуры правильно передавали пропорции тела человека, нужно выделять их после того, как определены основные параметры фигуры человека. Начнем проводить анализ с определения формы воздушного зазора в области груди, между промежуточной формой и внутренней формой изделия. Для этого проведем эксперимент на фигуре с умеренной степенью развития формы грудных желез. Параметры фигуры: 2 полнотная группа, 176-88-64-98.

При анализе внешней формы тела человека мы не можем замерить воздушные зазоры между поверхностями тела человека и внутренней формой изделия. Если визуально нельзя найти наиболее вдавленную часть в верхней области груди, то точку определяют по размерной типологии женских фигур с помощью величины размерного признака – расстояние от шейной

точки до линии обхвата груди третьего спереди (Т35) и величины расстояния от шейной точки до линии обхвата груди первого спереди (Т34). Обратимся к изображению фигуры (рис. 4 – измерение толщины вкладыша в пространстве).

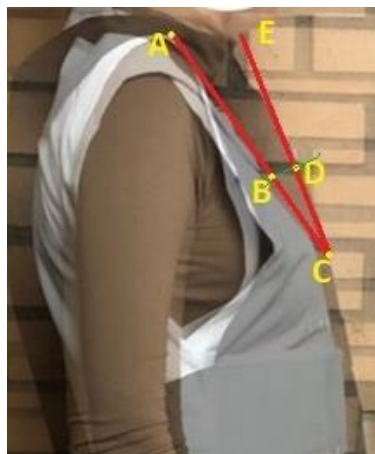


Рис. 4

Известно расстояние $AC=T35$, $AB=T34$, расстояние BC находят как разность $AC-AB$ (1):

$$BC = T35 - T34, \quad (1)$$

где $T34$ – расстояние от шейной точки до линии обхвата груди первого спереди, $T35$ – расстояние от шейной точки до линии обхвата груди третьего спереди.

С помощью онлайн-транспортира измеряем угол на изображении (рис. 5). Угол отведения $\alpha=15$.

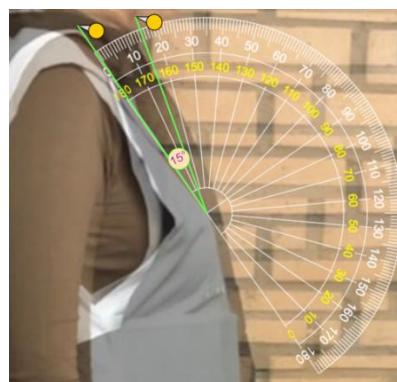


Рис. 5

Из точки C строим луч, который соприкасается с внешней поверхностью.

Проводим дугу с центром окружности в точке С радиусом ВС на луч СЕ, при этом ВС=СD.

Зная две стороны в треугольнике и угол между ними, можно с помощью теоремы косинусов вычислить третью сторону треугольника. В нашем случае третья сторона треугольника будет являться толщиной внутреннего вкладыша (BD). Для этого нужно извлечь квадратный корень из суммы квадратов известных сторон и разности с их удвоенным произведением на косинус угла между ними:

$$BD = \sqrt{BC^2 + CD^2 - 2 BC CD \cos \alpha} \quad (2)$$

$$BD = \sqrt{10^2 + 10^2 - 2 \cdot 10 \cdot 10 \cos 15} \quad (3)$$

$$BD = 2,61 \text{ (см)}. \quad (4)$$

Таким образом, толщина внутреннего вкладыша в максимальном месте отклонения внешнего слоя от внутреннего равна 2,61 см. С уменьшением величины радиуса величина сечения будет уменьшаться (табл. 1 – параметры сечения в зависимости от выбранного радиуса.).

Т а б л и ц а 1

Радиус, см	Толщина внутреннего слоя (сечения), см
10	2,61
8	2,08
6	1,56
4	1,04
2	0,52

Из приведенной выше таблицы мы видим, что при пропорциональном уменьшении радиуса, но при равной величине угла, толщина внутреннего слоя (сечения) изменяется пропорционально на 0,52 см (для данной фигуры: 2 полнотная группа, 176-88-64-98).

Аналогичные исследования будут проводиться для других форм грудных желез. На грудь с хирургическим вмешательством данная формула может действовать условно. Остальные эксперименты будут направлены на поиск фигур, соответствующих заданным антропометрическим измерениям.

Создание вкладыша, повышающего функциональность бронежилета, не огра-

ничивается проектированием формы. Не менее важна структура, обеспечивающая упругое сопротивление при ударном воздействии и способная к восстановлению, что характерно для армированных материалов. Опираясь на известные примеры использования армирующих основ для изготовления объектов легкой промышленности, можно выделить для рассмотрения и исследования следующие: ткани с модифицированными структурами простых видов ткацких переплетений; нетканые волокнистые материалы, отвечающие современным требованиям промышленного производства; природоподобные армирующие оболочки [6...8].

Проектирование высокоэффективных структур для защиты тела человека (бронежилетов, щитов, касок) требует учета не только динамической, но и фрикционной фазы работы слоев тканей, что обеспечит снижение прогиба тыльной стороны защитной структуры и соответствующее снижение травмирования человека [9]. Сложная пространственная форма и наличие армирующей основы усложняют процесс проектирования, что приводит к применению уже ставших традиционными средств, таких как 3D-моделирование формы и структуры детали. Возможность моделирования структуры вкладыша в виртуальной среде подтверждается существующим опытом проектирования компьютерных моделей модифицированных арамидных тканей [10].

Дальнейшие исследования в данной области будут направлены на разработку состава, структуры и технологии изготовления армированных вкладышей, выбор и совершенствование процедур проектирования, позволяющих сформировать изменяемый пакет материалов для бронежилета и иных средств индивидуальной защиты, обеспечивая их универсальность.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Буланов Я.И. Разработка методов оценки и прогнозирования физико-механических свойств тканей баллистического назначения: Дис. ... канд. техн. наук. – 2017.

2. Тамбовцева Е.П., Зарецкая Г.П., Руднева Т.В., Мезенцева Т.В. Применение армирующих основ при изготовлении волокнистых наполнителей для деталей одежды из композиционных материалов // Тез. докл. Междунар. научн.-технич. конф.: LIGHT CONF 2021, 29.03.2021, ISBN 978-5-7937-1990-2

3. Huiqing zhao, Jijun Li, Cong Gao. Reconstruction of 3D Mannequin by Two-Dimensional Photos // Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 2008.

4. Charlie C.L. Wang, Yu Wang, Matthew M.F. Yuen. Feature based 3D garment design through 2D sketches// Computer-Aided Design. – Vol.35, №7, 2003. P.659...672.

5. Yang Liu, Shouqian Sun, Aiguo Xu. Axial Deformation Technology for Parameterized Mannequin Modeling// Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 2008. P.415...420

6. Белгородский В.С., Костылева В.В., Лунина Е.В. Модификация структур простых видов ткацких переплетений для изготовления верха обуви // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 1. С. 200...202.

7. Нутфуллаева Л.Н., Плеханов А.Ф., Шинн И.Г., Ташпулатов С.Ш., Черунова И.В., Нафуллаева Ш.Н., Богомоллов Е.А. Исследование условий формирования пакета и обеспечения прочности подушек из композитных нетканых волокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 2. С. 96...100.

8. Махмудова Г., Руднева Т.В., Базаев Е.М., Стаханова С.И., Ташпулатов С.Ш., Сулейменова У.Т. Разработка классификации характеристик строения природных армирующих оболочек // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №1. С. 85...88.

9. Игнатова А.В., Долганина Н.Ю., Сапожников С.Б., Шаблей А.А. Поверхностная обработка арамидной ткани и ее влияние на механику фрикционного взаимодействия нитей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2017, №4. С.121...137.

10. Долганина Н.Ю., Игнатова А.В., Слободин И.С. Разработка компьютерных моделей модифицированных арамидных тканей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2018. Т. 7, №4. С. 30...40.

REFERENCES

1. Bulanov Ya.I. Razrabotka metodov otsenki i prognozirovaniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv tka-

ney ballisticheskogo naznacheniya: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – 2017.

2. Tambovtseva E.P., Zaretskaya G.P., Rudneva T.V., Mezentseva T.V. Primenenie armiruyushchikh osnov pri izgotovlenii voloknistykh napolniteley dlya detaley odezhdy iz kompozitsionnykh materialov // Tez. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. konf.: LIGHT CONF 2021, 29.03.2021, ISBN 978-5-7937-1990-2.

3. Huiqing zhao, Jijun Li, Cong Gao. Reconstruction of 3D Mannequin by Two-Dimensional Photos // Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 2008.

4. Charlie C.L. Wang, Yu Wang, Matthew M.F. Yuen. Feature based 3D garment design through 2D sketches// Computer-Aided Design. – Vol.35, №7, 2003. P.659...672.

5. Yang Liu, Shouqian Sun, Aiguo Xu. Axial Deformation Technology for Parameterized Mannequin Modeling// Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 2008. P.415...420

6. Belgorodskiy V.S., Kostyleva V.V., Lunina E.V. Modifikatsiya struktur prostykh vidov tkatskikh perepletений dlya izgotovleniya verkha obuvi // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №1. S. 200...202.

7. Nutfullaeva L.N., Plekhanov A.F., Shinn I.G., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V., Nafullaeva Sh.N., Bogomolov E.A. Issledovanie usloviy formirovaniya paketa i obespecheniya prochnosti podushek iz kompozitnykh netkanykh voloknistykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 2. S. 96...100.

8. Makhmudova G., Rudneva T.V., Bazaev E.M., Stakhanova S.I., Tashpulatov S.Sh., Suleymenova U.T. Razrabotka klassifikatsii kharakteristik stroeniya prirodnykh armiruyushchikh obolochek // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №1. S. 85...88.

9. Ignatova A.V., Dolganina N.Yu., Sapozhnikov S.B., Shablei A.A. Poverkhnostnaya obrabotka aramidnoy tkani i ee vliyanie na mekhaniku friktsionnogo vzaimodeystviya nitey // Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika. – 2017, №4. S.121...137.

10. Dolganina N.Yu., Ignatova A.V., Slobodin I.S. Razrabotka komp'yuternykh modeley modifitsirovannykh aramidnykh tkaney // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Vychislitel'naya matematika i informatika. – 2018. T. 7, №4. S.30...40.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

УДК 677.051.8

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_180

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКИ ПИЛЬНОГО ДЖИНА

MODERNIZATION OF THE SAW GIN GRATE

А.А. ИСМАИЛОВ, Э.А. НАРМАТОВ, П.М. БУТОВСКИЙ

A.A. ISMAILOV, E.A. NARMATOV, P.M. BUTOVSKY

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light industry, Republic of Uzbekistan)

E-mai: gtnz1071980@mail.ru; normatov-elmurod@mail.ru

В статье на основе анализа исследований джинной колосниковой решетки показано, что сборка колосниковой решетки чрезвычайно трудоемка и требует больших затрат высококвалифицированного труда из-за нерешенности вопросов точности, а также нетехнологичности конструкции самой решетки и ее элементов. Для решения этой проблемы предложена конструкция колосника со сменным элементом в рабочей зоне, позволяющим увеличить срок службы колосника, а также компенсировать погрешности сборки пильно-колосниковой системы. Приведены экспериментальные данные по определению бокового смещения сменной пластинки, способы регулировки межколосникового зазора, который в свою очередь влияет на качество процесса дженирования и расчет сил затяжки, которая способствует удержанию сменной пластинки на колоснике.

Based on the analysis of studies on the reliability of the genie grate, it is shown that the assembly of the grate is extremely time consuming and requires high expenditures of highly skilled labor due to the unresolved issues of accuracy and also the lack of manufacturability of the grate design itself and its elements. To solve this problem, a grate design with a replaceable element in the working area has been proposed, which makes it possible to increase the grate service life, as well as to compensate the errors in the assembly of the saw grate system. Experimental data on determining the lateral displacement of the insert plate are presented, methods for adjusting the grate gap, which in turn affect the quality of the ginning process, the tightening forces calculation that helps to keep the removable plate in place, are worked out.

Ключевые слова: пильный джин, пила, колосниковая решетка, диск, вал, брус.

Keywords: saw gin, saw, grate, disc, shaft, bar.

Введение

На современном этапе развития народного хозяйства республики особенно остро стоит проблема улучшения качества выпускаемой продукции и доведения ее до уровня мировых стандартов. Одним из основных продуктов, вырабатываемых хлопкоочистительными заводами, является хлопковое волокно, качество которого в основном зависит от состояния техники и технологии переработки.

Основным оборудованием хлопкоочистительных заводов является волокноотделитель (джин), от состояния рабочих органов которого во многом зависит качество перерабатываемого продукта. Известно, что при джинировании хлопок попадает в наиболее сложные и тяжелые условия в зоне колосниковой решетки, где происходит отделение волокна от семян [1].

При этом подавляющее большинство колосников интенсивно изнашивается от непосредственного касания пил из-за их коробленности и погрешности сборки колосниковой решетки. Таким образом, при эксплуатации износ колосников приводит к увеличению межколосникового зазора в рабочей зоне и нарушению процесса джинирования.

В среднем, уже после трех месяцев эксплуатации колосниковой решетки в условиях хлопкозавода, 70...80% межколосниковых зазоров начинают превышать допустимые значения. Поэтому срок службы джинных колосников составляет от 4 до 6 месяцев, что вызывает необходимость их частой замены.

С другой стороны, существующая технология изготовления колосника не обеспечивает заданной точности. Уже при изготовлении заготовок в литейном цехе значительная часть колосников уходит в брак. Так, по данным производственного анализа около 44 % отливок бракуется из-за большой коробленности, нарушения размеров рабочей части колосника и прочих дефектов литья [2].

После механической обработки процент годных деталей составляет также всего 42% из-за нехватки припуска на механическую обработку в результате большой

коробленности заготовок, а также из-за отсутствия единых технологических баз.

Даже при сборке колосниковой решетки из собранных после отбраковки колосников технологические зазоры на рабочем участке колеблются в больших пределах.

В результате около 30 % всех пильных дисков оказывают дополнительные боковые давления на колосники, что приводит к поврежденности волокон и интенсивному износу колосников [3].

Поэтому разработка новых колосников и новых методов их сборки является актуальной задачей. Пильно-колосниковая система джинов представляет собой сложную многозвенную конструкцию, состоящую из 130 колосников и взаимодействующих с ними такого же количества пильных дисков. Причем основным требованием является центральное расположение пил в межколосниковом зазоре без касания о колосники и износостойкость рабочей зоны колосников, где протаскиваются пучки волокон за колосниковую решетку.

Однако выполнение этих требований весьма сложно и требует значительных трудовых затрат, так как это связано с большим числом факторов.

Во-первых, здесь имеет место сложная размерная цепь, для решения которой необходима высокая точность изготовления колосников.

Во-вторых, пильные диски имеют большую коробленность, до 0,5 мм и для правильной сборки необходимо производить индивидуальную подгонку каждого колосника к пиле;

При превышении допустимого износа колосников в рабочей зоне необходимо заменять их новыми, на что расходуется много металла и время на трудоемкую сборку. Даже в случае правильной сборки в статическом положении, при работе, из-за нагрузки, вал прогибается и возникает краевой эффект, при котором боковые пилы начнут касаться колосников.

Поэтому была разработана конструкция сборного колосника, в рабочей зоне которого закреплена сменная рабочая пластинка из износостойкого материала (рис.1). Сменная пластина устанавливается

в рабочей зоне корпуса колосника в фрезерованный паз. Крепление сменного элемента на колоснике осуществляется с помощью винта и клина. Такая конструкция крепления сменного элемента на колоснике позволяет, не выкручивая, а лишь только ослабляя крепежный винт, снимать и заменять сменный элемент.

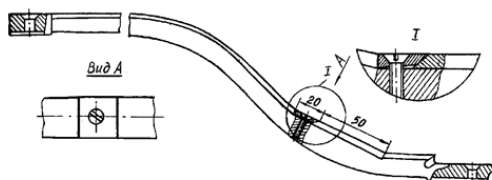


Рис. 1

Применение колосника со сменным элементом в рабочей зоне превращает колосниковую решетку в стационарный узел джина, где изношенные пластинки могут быть заменены при необходимости, без разборки колосниковой решетки, что позволяет: с одной стороны, экономить металл за счет снижения расхода колосников, с другой – снижает трудозатраты, связанные со сборкой колосниковой решетки при замене изношенных колосников [4].

Для исследования условий неподвижности рабочего элемента был произведен элементарный расчет значений сдвигающей боковой силы. По расчетной схеме (рис.2) при затягивании винта возникает осевая сила Q , которая через клин развивает силу зажима N . Она будет зависеть от момента затяжки винта и угла клина α .

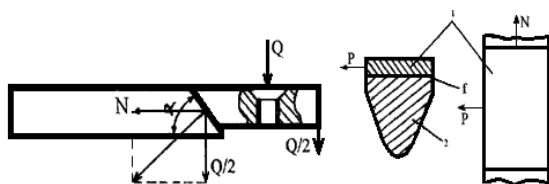


Рис. 2

Осевая сила Q определяется из равенства: $Q=M_{кр}/0,2d$, где $M_{кр}$ – момент затяжки винта, d – диаметр винта.

Однако не вся сила Q действует на клин, а только ее часть. Для расчета условно можно принять эту силу равной

половине зажимной силы, как указано на рис. 2. Ввиду того, что рабочая пластинка удерживается в пазу силами трения, боковая сила P определится как $P=N\mu$ (рис. 2), где μ – коэффициент трения покоя (для сталь по стали $\mu=0,20$). Угол клина $\alpha=45^\circ$.

Момент, прикладываемый к винту, может колебаться в широких пределах. Реально рабочий момент может быть в пределах 1,5...3 Н·м. Однако в данном случае использован винт под отвертку, поэтому момент затяжки будет небольшим и можно для расчета принять 0,15 Н·м.

При этих условиях расчетная величина сдвигающего бокового усилия P получилась равной 300 Н.

На практике усилие, действующее на сменный элемент, возникает в точке касания пилы о колосник и зависит от жесткости пилы и величины ее прогиба:

$$P=\gamma W,$$

где γ – жесткость пилы в Н/мм; W – деформация пилы в мм.

По данным эксперимента жесткость пилы колеблется в пределах 10,8...12,3 Н/мм. Если задаться деформацией пилы 4 мм, что весьма завышено, то расчетное значение силы не должно превышать 48 Н. Отсюда видно, что реальная сила сдвига в шесть раз меньше, чем полученная предварительным расчетом.

В то же время при дженировании касание пилы о колосник происходит через затянутый в межколосниковый зазор пучок волокон. При достаточно большой толщине пучка могут возникнуть дополнительные силы сдвига. Для экспериментальной проверки расчетных данных были проведены исследования по определению сдвигающей сменный элемент силы [5].

Для этого была собрана установка, представленная на рис. 3. Сборный колосник 3 установлен на экспериментальном стенде, где элементы крепления колосника аналогичны креплению на джине. Между жесткой плитой 8 и колосником 3 установлен на рычаге 5 динамометр 4 для измерения создаваемого бокового усилия. На индикаторной стойке 7 закреплен индикатор 1, фиксирующий сдвиг сменного элемента [6].

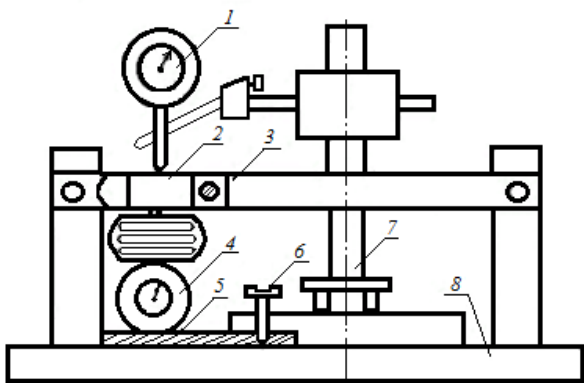


Рис. 3

Нагружение сменного элемента осуществляется винтом 6 через рычаг 5. Нагружение производилось до сдвига сменного элемента в месте крепления. Для исследования влияния момента затяжки крепежного винта на прочность крепления сменного элемента были проведены эксперименты, в которых сдвигающее усилие определялось при различных моментах затяжки крепежного винта.

Момент затяжки винта определялся с помощью ключа-динамометра. Перед проведением эксперимента ключ-динамометр

тарировался. Эксперименты проводились при моментах затяжки от 1,4 до 2,5 Н·м.

Эксперименты проводились следующим образом: на ключе-динамометре устанавливалась отвертка, с помощью которой затягивался винт.

Усилие затяжки определялось по показанию индикатора ключа-динамометра. Затем колосник устанавливался на стенде (рис. 3), закреплялся и сменный элемент 2 нагружался силой с помощью винта 6 через рычаг 5 и динамометр 4. Нагружение производилось до смещения сменного элемента в гнезде колосника. Перемещение сменного элемента фиксировалось индикатором 1. Затем колосник снимался со стенда, сменный элемент устанавливался в исходное положение и закреплялся с затяжкой винта до следующего крутящего момента.

И так повторялось для всех моментов затяжки. Результаты экспериментов приведены в табл. 1 (сдвигающее сменный элемент усилие при различных затяжках винта).

Таблица 1

Момент затяжки винта, Н·м	1,4	1,6	1,8	2,2
Сдвигающее усилие, Н	180	250	370	460

Как видно из таблицы при моменте затяжки 1,8 Н·м, сдвигающее усилие превосходит расчетное.

Таким образом, на основе проведенных исследований можно заключить, что данная конструкция должна обеспечить надежное крепление сменного элемента на колоснике. Для убежденности в этом заключении необходимо провести исследования по определению величины бокового давления на колосник непосредственно при работе джина.

Для изучения этого процесса были проведены эксперименты на 10-пильном лабораторном джине. Данный джин отличается от промышленного только количеством пил. Геометрические параметры рабочих органов и технологические параметры полностью соответствуют промышленному джину.

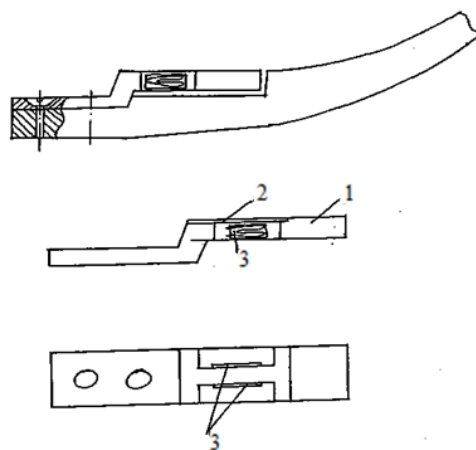


Рис. 4

Для определения бокового усилия в рабочей зоне промышленного колосника было профрезеровано углубление, в которое устанавливался упругий элемент с

тензодатчиком (рис. 4 – схема установки упругого элемента на колоснике). Упругий элемент (консольная балка) 3 представляет собой пластину прямоугольной формы толщиной 6 мм и шириной, равной толщине колосника. На него наклеены тензодатчики с базовой длиной 10 мм и сопротивлением 150 Ом.

Пластина 2 предохраняет датчики от воздействия хлопка-сырца. Часть упругого элемента 1 представляет рабочую часть колосника, где протекает процесс джинирования хлопка. Боковое усилие, действуя на эту часть колосника, деформирует упругий элемент с наклеенными датчиками. Запись процесса джинирования (рис. 5 – осциллограмма записи бокового усилия) показала, что боковые силы имеют колебательный характер и зависят от коробленности пил.

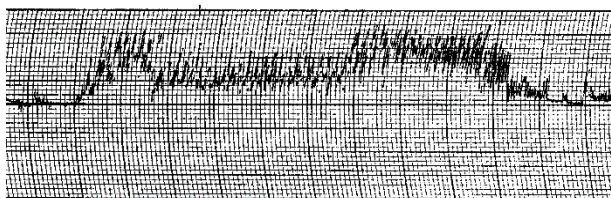


Рис. 5

Тем не менее, многократная повторность опытов показала, что наибольшее значение боковой силы не превысило 24 Н, то есть в два раза меньше, чем расчетное значение от изгиба пилы. Следовательно, зажимное устройство обеспечивает надежное крепление сменного элемента на колоснике.

Таким образом, применение рекомендуемого сборного колосника позволит не только повысить срок его службы, но и существенно снизит трудоемкость работ, связанных с разборкой и сборкой колосниковой решетки при замене изношенных колосников.

Для возможности регулирования межколосникового зазора без изменения положения колосников разработана конструкция крепления пластинки с возможностью перемещения ее поперек колосника (рис. 6).

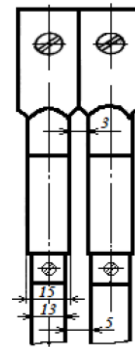


Рис. 6

Сдвиг рабочего элемента вправо или влево осуществляется освобождением единственного винта, закрепляющего пластинку на колоснике. Максимальная величина перемещения – один миллиметр вправо или влево. Возможные положения пластинок могут быть разными.

На рис. 7 показаны схемы сдвинутых пластин в крайние положения. В первом случае зазор уменьшается до одного миллиметра, в другом – до 5 мм и оба эти состояния нереальные. В первом случае пила обязательно будет задевать пластину, а во втором случае зазор получается равным 5 мм, что приведет к уходу летучек за колосниковую решетку.

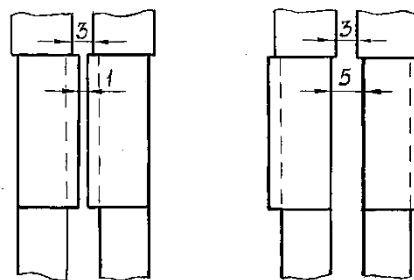


Рис. 7

Реальными будут схемы, показанные на рис. 8, когда при любом движении пластинок сохраняется зазор в 3 мм.

Для регулирования зазора между пилой и колосником путем перемещения сменного элемента в направлении оси пилы ширина базового колосника должна быть меньше ширины рабочей пластинки во избежание касания пил о базовый колосник при регулировании зазора в рабочей зоне.

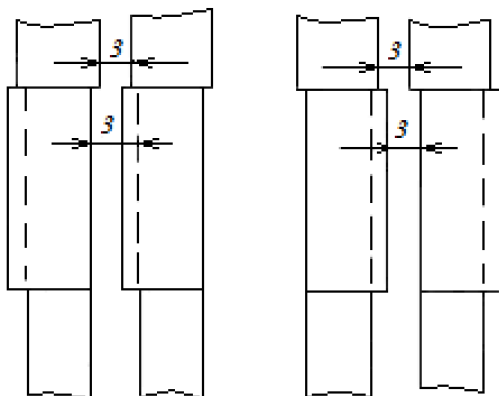


Рис. 8

В существующей колосниковой решетке зазор в рабочей зоне колеблется в пределах 2,8...3,2 мм, а в нижней части составляет 4,5...5 мм, чтобы предотвратить касание пил о колосник в нижней части.

Поэтому в предлагаемой конструкции ширина базового колосника в хвостовой части сделана одинаковой по всей длине с меньшей шириной, лишь в рабочей зоне выдерживается требуемый зазор сменными пластинками. Данная конструкция позволяет компенсировать погрешности сборки пыльно-колосниковой системы и выдерживать технологические зазоры в установленных пределах за счет смещения сменного элемента. Кроме того, в этом случае колосниковая решетка превращается в стационарный узел, так как износу подвержен сменный элемент, а колосники практически не изнашиваются. Замена сменного элемента не требует высококвалифицированного труда.

ВЫВОДЫ

1. Анализ работы джина показал, что износ колосников джина происходит из-за касания пилы о колосник, что приводит к расходу металла, связанного с заменой колосников.

2. Предлагаемая конструкция колосника со сменным элементом в рабочей зоне позволит компенсировать погрешность сборки пыльно-колосниковой системы.

3. Использование предлагаемой конструкции колосника позволяет превратить колосниковую решетку в стационарный узел, благодаря тому, что колосники прак-

тически не изнашиваются. Износу в этом случае подвержен сменный элемент, который прост в изготовлении и легко заменяется после износа.

4. Предлагаемая конструкция колосника позволит снизить расход металла, связанного с заменой колосников, и исключить трудоемкие работы, связанные с разборкой и сборкой колосниковой решетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирошниченко Г.И.* Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. – М.: Машиностроение, 1972. С.212.
2. *W.S. Anthony.* Methods to reduce lint cleaner waste and damage transactions of the assai. – V. 43. Realese: 2. P. 221...229 Published bu: mar-apr. 2000.
3. Патент Рес. Узб. UZ FAP 01111. Колосниковая решетка пыльного волокноотделителя / Нарматов Э. А., Сафаев А. А. и др. // Расмий ахборотнома – 2016 №7.
4. *Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Унвер У.* Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985.
5. *Исмаилов А.А., Махкамов Р.Г.* Исследование износа различных типов колосников // Проблемы текстиля. – 2003, №3. С.22.
6. *Махкамов Р.Г., Исмаилов А.А., Нарматов Э.А., Сапаев У.* Исследование причины возгорания хлопка при джинировании // Проблемы текстиля. – 2011, №4. С.11.

REFERENCES

1. *Miroshnichenko G.I.* Osnovy proektirovaniya mashin pervichnoy obrabotki khlopka. – M.: Mashinostroenie, 1972. S.212.
2. *W.S. Anthony.* Methods to reduce lint cleaner waste and damage transactions of the assai. – V. 43. Realese: 2. P. 221...229 Published bu: mar-apr. 2000.
3. Patent Res. Uzb. UZ FAP 01111. Kolosnikovaya reshetka pil'nogo voloknootdelitelya / Narmatov E. A., Safaev A. A. i dr. // Rasmiy akhborotnoma – 2016 №7.
4. *Timoshenko S.P., Yang D.Kh., Unver U.* Kolebaniya v inzhenerenom dele. – M.: Mashinostroenie, 1985.
5. *Ismailov A.A., Makhkamov R.G.* Issledovanie iznosa razlichnykh tipov kolosnikov // Problemy tekstilya. – 2003, №3. S.22.
6. *Makhkamov R.G., Ismailov A.A., Narmatov E.A., Sapaev U.* Issledovanie prichiny vozgoraniya khlopka pri dzhinirovaniy // Problemy tekstilya. – 2011, №4. S.11.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 30.08.21.

**НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ
РАЗРЫВНОЙ МАШИНЫ РМП-1
ДЛЯ СТАНДАРТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА**

**MODERNIZATION DIRECTIONS
OF TENSILE STRENGTH TESTING MACHINE RMP-1,
FOR STANDARTIZED FLAX FIBER TESTING**

Е.Л. ПАШИН, А.В. ОРЛОВ

E.L. PASHIN, A.V. ORLOV

(Костромская государственная сельскохозяйственная академия,
Костромской государственный университет)

(Kostroma State Agricultural Academy,
Kostroma State University)

E-mail: evgpashin@yandex.ru¹, aorlov@list.ru²

В статье рассматривается используемый при стандартизации процесс определения разрывного усилия льняного волокна. Изучено влияние на результаты измерения элементов конструкции разрывной машины РМП-1, в особенности силоизмерителя и улиточных зажимов для волокна. Конструкция таких зажимов способствует возникновению неоднородностей в начальном натяжении разрываемого волокна. Эти неоднородности приводят к неодновременному нагружению отдельных волокон, что снижает степень использования прочности волокна и тем самым уменьшает наблюдаемую разрывную нагрузку. С применением структурно-имитационного моделирования установлено влияние начальной неоднородности натяжения на снижение средней прочности на разрыв прядей волокна. Для устранения наблюдаемого негативного эффекта предложено использовать тисочные зажимы. Их эффективность проверена экспериментально, причем наилучшие результаты достигаются при испытании ослабленного по разрывному усилию волокна. Дополнительно предложено заменить маятниковый силоизмеритель на тензометрический датчик, что позволит уменьшить динамическую погрешность.

The article under review deals with the standard flax fiber tensile strength testing method being currently in use in the Russian Federation. The effects on the measurement results of testing RMP-1 machines construction elements are considered. In particular, pendulum stress tester can introduce a significant error. Similarly, it is shown that disk clamps can cause variations of the initial fiber tension, which will negatively affect fiber sample behavior under stress. A reduction of overall tensile strength due to reduced fiber strength utilization is expected. A software model has been created which allows simulating the effects caused by said initial tension variation. The results of this simulation support the hypothesis, showing marked decrease in fiber strength utilization quotient when heavier variation of initial fiber tension is present. Authors suggest using vice clamp instead, which should not have the same flaws as disk clamps. This is further supported by experimental data using a modified tensile strength testing machine with vice

clamps installed. Additionally, it is suggested that pendulum-based stress testing mechanism is replaced with an electronic dynamometer, as the latter will also lead to less dynamic error.

Ключевые слова: волокно, разрывное усилие, разрывная машина РМП-1, силоизмеритель, моделирование, натяжение, коэффициент использования прочности, улиточный зажим, тисочный зажим.

Keywords: fiber, tensile strength, RMP-1, tensile strength tester, software model, tension, tensile strength usage quotient, disk clamp, vice clamp.

В целях оптимизации технологических приемов переработки льна и стандартизации получаемой из него волокнистой продукции на предприятиях льняного комплекса осуществляют определение качества (номера) трепаного волокна по действующим стандартам. К числу важнейших показателей, учитываемых при определении номера волокна, относят среднее значение и вариацию разрывного усилия [1]. Для этого применяют разрывные машины ДКВ-60 или РМП-1.

Особенностью конструкции этих машин является использование маятниковых силоизмерителей, которые вызывают повышенную податливость пассивного зажима. Это является причиной возникновения динамической погрешности, величина которой может достигать 15% [2].

Для уменьшения такой погрешности одним из решений, применяемых на практике, является использование тензометрических датчиков. Применительно к машине РМП-1 он может быть связан с пассивным зажимом по схеме, указанной на рис. 1 (предложенная схема силоизмерительного узла на основе тензометрии для модернизации РМП-1).

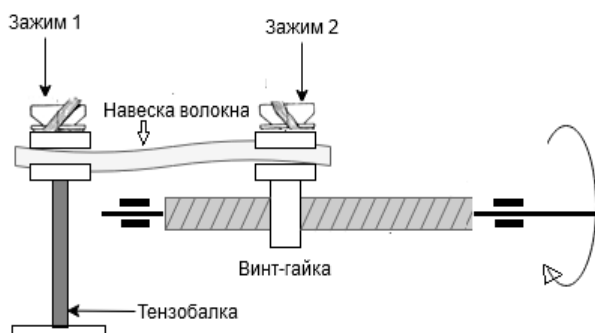


Рис. 1

Использование аналого-цифрового преобразователя (АЦП) для получения показаний от датчика открывает возможность для последующей обработки показаний на ЭВМ, что позволяет контролировать не только возникающую нагрузку в процессе одноосного разрыва, но и другие разрывные характеристики. Для обеспечения условий единства измерений предложено использовать типовой сертифицированный электронный динамометр и прилагаемое к нему программное обеспечение для определения требуемых по стандарту показателей: среднего значения разрывной нагрузки и коэффициента ее вариации. Проведенные испытания подтвердили эффективность указанного варианта модернизации машины.

Другое решение по улучшению метрологических параметров РМП-1 связано с применением зажимов улиточного типа (рис. 2). При их использовании подготовленную по методике ГОСТ пряжу волокна длиной 27 см и массой 0,42 г огибают относительно цилиндрического стержня, размещают в прорези верхнего ограничителя и путем наворачивания барашковой опорной гайки прижимают к его верхней опорной плоскости, что обеспечивает фиксацию пряди. После зажатия концов разрыву подвергается участок, расположенный между зажимами.

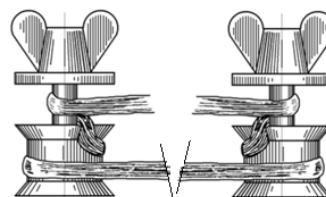


Рис. 2

При изучении условий закрепления пряжи при огибании цилиндрического несжимаемого стержня опирались на закономерности формирования внутренних усилий, напряжений и плотности, имеющие место в телах намотки ните- и лентоподобных волокнистых материалов [3]. Оказалось, что при наматывании пряжи силы давления от огибающих волокон на расположенное под ними тело намотки зависят от ряда факторов. В их число входит расстояние от элемента пряжи до оси стержня, натяжение T огибающих волокон, и податливость μ слоя, расположенного ниже поверхностных волокон. Величина податливости слоя определяется его начальной толщиной, кривизной намотки, а также натяжением T . При таких условиях увеличение T будет приводить к продавливанию расположенных снаружи волокон в тело намотки.

Это явление при увеличении межзажимного расстояния, вследствие перемещения активного зажима 2, будет способствовать возникновению разных натяжений у волокон, составляющих пряжу. Волокна, изначально расположенные на поверхности цилиндра, будут натянуты сильнее, чем волокна на поверхности намотки, из-за сжатия волокнистого слоя, обусловленного его податливостью в радиальном направлении. Периферийные волокна будут вдавливаться в расположенную ниже волокнистую массу, уменьшая начальную длину дуги обхвата $\Delta_{\text{вдав}}$ тела намотки и, как следствие, увеличивать межзажимное расстояние на величину $2\Delta_{\text{вдав}}$. Такое увеличение будет создавать им слабины Δ . Указанные различия в натяжениях волокон, составляющих пряжу, будут приводить к неодновременному до-

стижению у них пиковой величины разрывного усилия.

Предложенное представление процесса нагружения волокон на начальном этапе испытания позволяет применить модель разрушения пучка разнонатянутых волокон при одноосном растяжении, например, по вариантам, предложенным в [4...7], или с учетом особенностей структуры льняного волокна в [8].

Используя структурно-имитационное моделирование и представление волокнистой структуры пряжи согласно [8], становится возможным смоделировать описанную выше повышенную неоднородность начального натяжения волокон в пучке посредством увеличения среднего квадратического отклонения (СКО) параметра Δ . При этом представляют интерес закономерности изменения коэффициента использования прочности волокон K и варьирования разрывной нагрузки в виде коэффициента вариации CV , %, в зависимости от величины СКО по Δ . Причем параметры K и CV должны определяться применительно к результату, получаемому при испытании 30 волокнистых пряжей (навесок), что соответствует требованию действующего стандарта [1]. Эффекты, обусловленные наличием радиальной податливости слоя, будут проявляться посредством увеличения величины, предложенной для модели [8], в виде размера фрикционного контакта и его вариации.

В качестве исходных данных для моделирования примем значения, указанные в табл. 1. Последовательность реализации этапов структурно-имитационного моделирования процесса разрыва представлена в виде схемы на рис. 3.

Т а б л и ц а 1

Параметр	Среднее значение	СКО
Работа разрыва одного волокна в пряжи, мДж	4	1
Упругость одного волокна в пряжи, кН/м	34	8,5
Разрывная нагрузка одного волокна в пряжи, мН	750	116
Слабина одного волокна в пряжи волокон, мм	0...8	0...1,75
Количество волокон в пряжи, шт	300	0
Количество повторностей (прядей) в одном испытании, раз	30	0

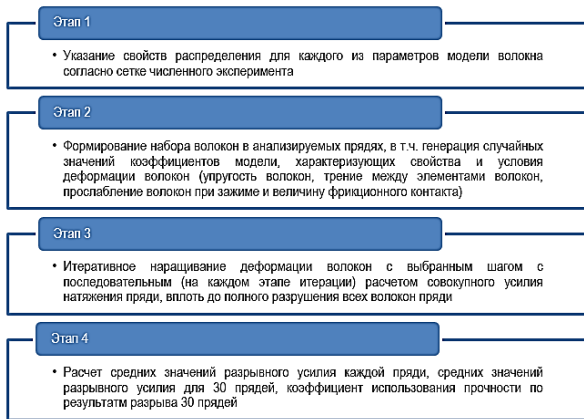


Рис. 3

Одним из условий моделирования являлось соответствие параметров структуры волокна закону нормального распределения. Величину K определяли по методике [9]. При расчетах принимали, что среднее $СКО_{\Delta}$ определяется $1/6$ размаха Δ , согласно известному в статистике правилу "трех сигм". Интервал значений $СКО_{\Delta}$ определяли на основе расчета максимального значения Δ , считая, что величина радиального продавливания волокон составит $0,3$ мм, а диаметр цилиндрической части улиточного зажима равен 12 мм. В этом случае $\Delta_{\max} \approx 4$ мм, $СКО_{\max} \approx 0,7$ мм.

Результаты изменения K в зависимости от величины $СКО$ по Δ проиллюстрированы на рис. 4 (зависимость изменения коэффициента использования прочности волокон на разрыв по результатам разрыва совокупности (30 шт) прядей).

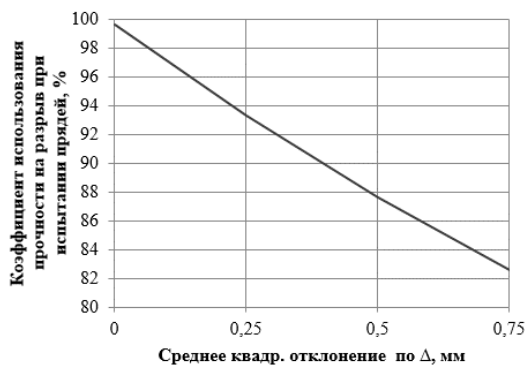


Рис. 4

Анализ результатов подтверждает влияние условий закрепления волокон в улиточных зажимах машины РМП-1 на вели-

чину разрывного усилия. При наличии прослаблений волокон в пряди среднее разрывное усилие по 30 повторностям снижается, что хорошо согласуется с известными положениями теории разрыва пучка волокон. Очевидно, что такая закономерность необоснованно занижает номер трепаного льняного волокна при его квалитметрии с применением улиточных зажимов на разрывных машинах.

Необходимо отметить, что на различия средних значений разрывных усилий и их вариации будут влиять не только условия закрепления в зажимах, но и иные случайные трудно контролируемые факторы. К ним, например, относятся степень начальной параллелизации волокон, однородность волокон по свойствам и др. Поэтому оценку степени изменения варьирования разрывного усилия целесообразно получить на основе эксперимента.

При его проведении использовали две партии стланцевого волокна, полученного из стеблей тресты льна разной степени вылежки. Партия 1 – из тресты нормальной вылежки, а партия 2 – из перележалой с ослабленным по разрывному усилию волокном. Испытания провели для двух вариантов зажимов: 1 – типовые улиточные и 2 – тисочные [10], исключающие проявление эффекта продавливания волокон. Использовали схему дисперсионного анализа, позволяющего оценить не только изменение средних значений, но и долю изменчивости факторов: "партия волокна" и "вид зажима".

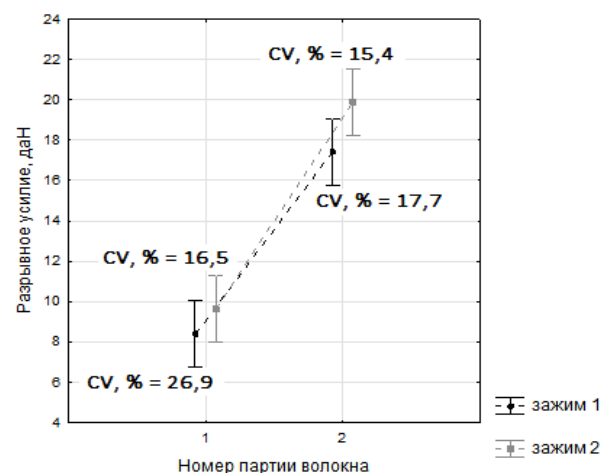


Рис. 5

По результатам эксперимента установили изменения разрывной нагрузки и коэффициентов вариации. Данные представлены в виде графика на рис. 5 (изменение разрывного усилия прядей льняного волокна в зависимости от уровней изучаемых факторов).

Оказалось, что оба фактора являются статистически значимыми при 95%-ной доверительной вероятности в части влияния на изменчивость разрывного усилия. Доля влияния фактора "партия волокна", определяемая величиной критерия Фишера, доминирует и составляет 141,1, а для фактора "вид зажима" – 5,3.

Из анализа полученных данных следует возможность увеличения средней разрывной нагрузки у партий волокна при использовании зажимов тисочного типа. Это, вероятно, объясняется ростом коэффициента К. Обнаружено также снижение коэффициента вариации разрывной нагрузки по результатам повторных измерений. Особенно это заметно при испытании ослабленного по прочности волокна.

Выявленные положительные эффекты от замены зажимов улиточного типа на тисочные позволяют рекомендовать их для практического применения.

ВЫВОДЫ

1. При использовании в машинах РМП-1 и ДКВ-60 зажимных устройств улиточного типа при испытании льняных прядей, состоящих из совокупности волокон, наблюдаются негативные эффекты возникновения прослаблений отдельных волокон в межзажимной зоне. Причиной этого является продавливание расположенных снаружи волокон в тело их намотки на цилиндрическую часть зажимов.

2. Посредством структурно-имитационного моделирования разрыва пучка волокон, с наличием возникающих при его закреплении в улиточные зажимы прослаблений, установлено снижение коэффициента использования прочности волокон в прядях до 80 %.

3. Экспериментально доказана значимость влияния условий закрепления волокон в зажимах улиточного типа на измен-

чивость разрывного усилия. Применение зажимов тисочного типа в сравнении с улиточными позволяют увеличить значения фиксируемых при испытании прядей разрывных усилий и снизить их вариацию.

4. При модернизации конструкции машины РМП-1 целесообразно использовать следующие изменения ее конструкции:

- применение взамен маятникового силоизмерителя тензометрического датчика;
- замена зажимов улиточного типа на зажимы иной конструкции, исключающие возникновение прослаблений волокон в межзажимной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53484–2009. Лен трепаный. Технические условия: дата введения 01.01.2011 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2010.
2. Голубков В.С., Пирогов К.М., Смушкович Б.Л. Испытательные машины в текстильном материаловедении. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
3. Сухарев В.А., Матюшев И.И. Расчет тел намотки. – М.: Машиностроение, 1982.
4. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985.
5. Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е. Компьютерное моделирование в задачах исследования текстильных материалов и производств. – М.: "Тисо Принт", 2014.
6. Назаренко Е.В., Рыклин Д.Б., Соколов С.В. Имитационное моделирование процесса растяжения и разрыва пучка волокон // Вестник Витебского государственного университета. – 2014, № 2 (27). С. 62...69.
7. Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р. Новые композиционные материалы. – Киев: "Вища школа", 1977.
8. Пашин Е.Л., Орлов А.В. Моделирование процесса нагружения и разрыва льняных волокон при одноосном растяжении // Технологии и качество. – 2021, № 2. С. 19...26.
9. Орлов А.В., Пашин Е.Л. Алгоритм расчета коэффициента использования прочности при разрыве совокупности волокон, пряжи и нитей // Технологии и качество. – 2018, № 2. С. 15...18.
10. МТ-Z11 Зажимы для разрывной машины [электронный ресурс] // Оснастка и приспособления: каталог оборудования фирмы ООО "ПРИБОР.ru". URL: <https://www.ooo-pribor.ru/descriptions/40946> (дата обращения 25.08.2021).

REFERENCES

1. GOST R 53484–2009. Len trepanyu. Tekhnicheskie usloviya: data vvedeniya 01.01.2011 / Feder-

al'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu. – Izd. ofitsial'noe. – M.: Standartinform, 2010.

2. Golubkov V.S., Pirogov K.M., Smushkovich B.L. Ispytatel'nye mashiny v tekstil'nom materialovedenii. – M.: Legprombytizdat, 1988.

3. Sukharev V.A., Matyushev I.I. Raschet tel namotki. – M.: Mashinostroenie, 1982.

4. Perepelkin K.E. Struktura i svoystva volokon. – M.: Khimiya, 1985.

5. Sevost'yanov P.A., Zabrodin D.A., Dasyuk P.E. Komp'yuternoe modelirovanie v zadachakh isledovaniya tekstil'nykh materialov i proizvodstv. – M.: "Tiso Print", 2014.

6. Nazarenko E.V., Ryklin D.B., Sokolov S.V. Imitatsionnoe modelirovanie protsessy rastyazheniya i razryva puchka volokon // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014, № 2 (27). S. 62...69.

7. Karpinos D.M., Tuchinskiy L.I., Vishnyakov L.R. Novye kompozitsionnye materialy. – Kiev: "Vishcha shkola", 1977.

8. Pashin E.L., Orlov A.V. Modelirovanie protsessy nagruzheniya i razryva l'nyanykh volokon pri odnoosnom rastyazhenii // Tekhnologii i kachestvo. – 2021, № 2. S. 19...26.

9. Orlov A.V., Pashin E.L. Algoritm rascheta koefitsienta ispol'zovaniya prochnosti pri razryve so-vokupnosti volokon, pryazhi i nitey // Tekhnologii i kachestvo. – 2018, № 2. S. 15...18.

10. MT-Z11 Zazhimy dlya razryvnoy mashiny [elektronnyy resurs] // Osnastka i prisposobleniya: katalog oborudovaniya firmy OOO "PRIBOR.ru". URL: <https://www.ooo-pribor.ru/descriptions/40946> (data obrashcheniya 25.08.2021).

Рекомендована кафедрой технических систем в АПК. Поступила 20.09.21.

УДК 677.21.051

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_191

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ И ХАРАКТЕРА КОЛЕБАНИЙ МНОГОГРАННОЙ СЕТКИ НА УПРУГИХ ОПОРАХ ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА

RESULTS OF AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE LOAD AND THE CHARACTER OF A MULTI-FACE NET VIBRATIONS ON ELASTIC COTTON CLEANER SUPPORTS

О.Ж. МУРОДОВ, О.И. РАЖАБОВ

O.J. MURODOV, O.I. RAJABOV

(Костромской государственный университет, Россия,
Бухарский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан)

(Kostroma State University, Russia,
Bukhara Engineering Technological Institute, Republic of Uzbekistan)

E-mail: baxrinjom@mail.ru, ozodbek4103@mail.ru

В статье описана новая эффективная схема и принцип работы многогранной сетки очистителя хлопка от мелкого сора. Увеличение встряхивающей способности сетчатой поверхности является одним из основных направлений совершенствования конструкций рабочих органов очистителей хлопка от мелкого сора. Благодаря этому способу можно отделить мелкие сорные примеси, глубоко внедренные в волокна летучки хлопка. На основе экспериментальных исследований осуществлена разработка высокоэффективной конструкции новой многогранной сетчатой поверхности очистителей хлопка от мелкого сора и обоснование ее параметров. Изучена нагруженность и закономерности колебательного движения сетчатой

поверхности. Представлены результаты сравнительных экспериментальных исследований колебаний сетки и характера нагруженности в зависимости от параметров и режимов очистки хлопка. Анализ полученных закономерностей колебаний сетки показал, что амплитуда колебаний рекомендуемой многогранной сетчатой поверхности на упругих опорах превышает в 5...7 раз амплитуду колебаний существующей сетки и достигает $(2\div 2,5)\cdot 10^{-3}$ м. На основе результатов испытаний было выявлено, что модернизированный агрегат УХК с использованием шестигранных сеток позволяет получить очистительный эффект на $(7,0\div 7,5)\%$ больше, чем в серийном очистителе хлопка.

The article deals with a new effective scheme and operation principle of a multifaceted mesh cotton cleaner from fine litter. Increasing the shaking ability of the mesh surface is one of the main directions of improving the designs of the working bodies cotton cleaners from fine litter. Thanks to this method, it is possible to separate small trash impurities deeply embedded in the fibers of the cotton fly. On the basis of complex empirical studies, a highly efficient design of a new multifaceted mesh surface of cotton cleaners from fine litter was developed and its parameters were substantiated. With the help of measuring devices, the loading and the oscillatory motion patterns of the mesh surface are studied. The results of comparative experimental studies of mesh oscillations and the nature of loading depending on the parameters and modes of cotton cleaning are presented. The analysis of the obtained regularities of the grid vibrations showed that the vibration amplitude of the recommended multifaceted grid surface on elastic supports exceeds the vibration amplitude of the existing grid by 5-7 times and reaches $(2\div 2.5)\cdot 10^{-3}$ m. Based on the test results, it was found that the modernized UKhK unit with the use of hexagonal meshes allows to obtain a cleaning effect by $(7.0\div 7.5)\%$ more than in a serial cotton cleaner.

Ключевые слова: очиститель хлопка-сырца, сетчатая поверхность, упругая опора, момент, амплитуда колебаний, частота, очистительный эффект.

Keywords: raw cotton cleaner, mesh surface, elastic support, moment, vibration amplitude, frequency, cleaning effect.

Введение. Основными рабочими органами очистительных машин от мелкого сора являются колковый барабан и сетчатая поверхность. Интенсивность очистки хлопка-сырца от мелкого сора зависит не только от рациональной конструкции барабана, но и от правильного выбора очистительных сетчатых поверхностей, выводящих сорные примеси из рабочей зоны очистки. Сетчатая поверхность должна обеспечивать максимальный очистительный эффект при минимальном силовом воздействии на хлопок-сырец.

Для увеличения очистительного эффекта очистителя от мелкого сора необходимо активизировать воздействие колков барабана на хлопок-сырец, а также оснастить сороотводящую сетку улучшающими очистку элементами. При этом можно достичь необходимого очистительного эффекта при минимальной кратности очистки, позволяющей не только получить продукцию высокого качества, но и снизить энергозатраты. В связи с этим необходимо учитывать изменения, происходящие в структуре хлопка-сырца по технологическим переходам [1]. Отечественные и за-

рубежные исследователи и специалисты в основном обращают внимание на изучение и совершенствование колкового барабана, в частности конструкции колка. Исследований, посвященных изучению влияния конструкции сетчатой поверхности на процесс очистки и совершенствованию конструкции сетчатой поверхности очистителей хлопка от мелкого сора, мало [2]. Одним из перспективных направлений совершенствования процессов очистки является применение упругих элементов в конструкции рабочих органов хлопкоочистительных машин [3].

Поэтому разработка и обоснование параметров высокоэффективной сороотводящей сетки на упругих опорах для очистителей хлопка от мелкого сора, обеспечивающей значительное увеличение очистительного эффекта, снижение поврежденности волокон и семян хлопка, максимальное сохранение природных свойств хлопкового волокна является актуальной задачей для хлопкоочистительной промышленности.

Методы

В хлопкоочистительной промышленности широко распространен механический способ очистки хлопка. Он заключается в том, что на хлопок воздействуют механически и тем самым разрушают связи между хлопком и сором. Подобные очистители позволяют получить сравнительно невысокую эффективность очистки [4]. Повысить ее можно путем выбора рациональной конструкции рабочих органов очистителя хлопка. Авторами разработана эффективная конструкция сетчатой поверхности очистителя хлопка от мелкого сора. Она состоит из сороотводящей сетки 1, с отверстиями 2 (рис. 1 – схема рабочих органов очистителя хлопка от мелкого сора). Сетчатая поверхность выполнена в виде части многогранной призмы с ребрами 3. Отверстия располагаются рядами в каждой грани, а между соседними гранями отверстия расположены в шахматном порядке. Сороотводящая сетка по краям в четырех углах имеет жестко соединенные с ней втулки 4, в которые входят пальцы 5, жестко соединенные с корпусом 7 очистителя.

Между втулкой и пальцами установлены упругие (резиновые) втулки 6. Над сеткой 1 в корпусе установлен барабан 8 с колками 9.

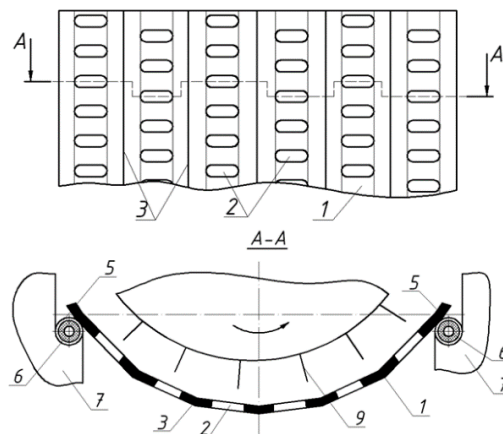


Рис. 1

Для оценки эффективности предложенной конструкции она устанавливалась в одной из секций очистителя УХК. В другой располагалась сетка серийной конструкции. Испытания проводились с сетками, имеющими от 4 до 7 граней.

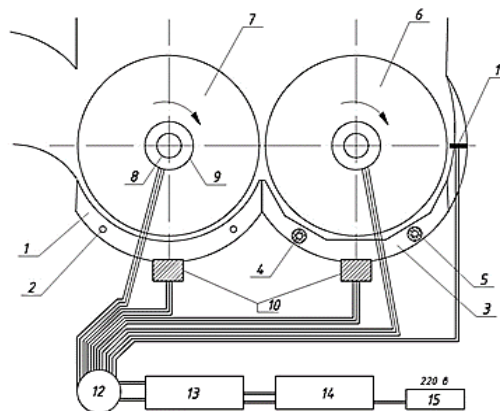


Рис. 2

Для определения параметров колебаний обе секции оснащались датчиками, схема расположения которых показана на рис. 2 (схема измерения показаний динамики сетки очистителя: 1 – очистительная сетка существующая; 2 – крепежные болты; 3 – очистительная сетка рекомендуемая; 4 – кронштейн крепления упругих элементов; 5 – резиновые втулки; 6, 7 – колковый барабан; 8 – моментомер; 9 –

токоъемник; 10 – акселерометры; 11 – датчик оборотов колкового барабана; 12 – АЦП; 13 – осциллограф; 14 – ЭВМ; 15 – блок питания), а на рис. 3 (вид измерительного устройства на очистительных сетках в рабочей зоне машины: 1 – очистительная сетка рекомендуемая; 2 – очистительная сетка существующая; 3 – измерительные устройства; 4 – кронштейн измерительного устройства) показаны датчики, установленные в сравниваемых секциях очистителя хлопка [6...8].

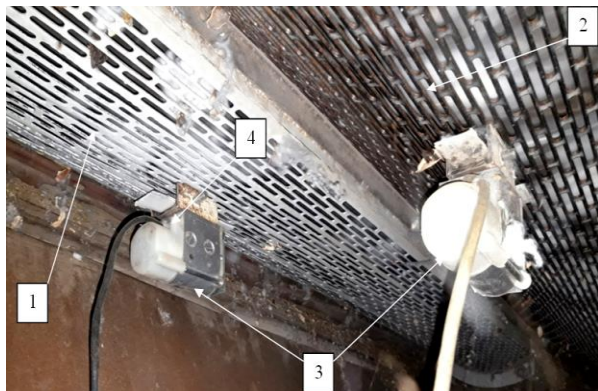


Рис. 3

Результаты и обсуждение

В проведенных экспериментах характер колебаний исследовали путем сравнения параметров колебаний двух сеток одновременно. Колебания сеток, работающих на машинах универсального хлопкоочистительного комплекса (УХК), вызваны действием возмущающих сил [8...16] со стороны колкового барабана с хлопком. Эти силы зависят от массы транспортируемого через очиститель хлопка и частоты вращения колкового барабана. Измерения проводились при частоте вращения колкового барабана 450 об/мин и расстоянием от колков до поверхности сетки, равным 14 мм. Экспериментальная сетка устанавливалась на резиновых втулках с жесткостями $1,5 \cdot 10^3$, $3 \cdot 10^3$, $4,5 \cdot 10^3$. На рис. 4 представлена характерная осциллограмма регистрируемых параметров. Частота колебаний сетки составляет 35 Гц.

Анализ полученных закономерностей колебаний сетки показал, что амплитуда колебаний многогранной сетчатой поверхности на упругих опорах может превышать

в 5...7 раз амплитуду колебаний существующей сетки и достигать $(1,7 \div 2) \cdot 10^{-3}$ м. При этом осциллограммы представлены для установившихся режимов работы очистителя хлопка.

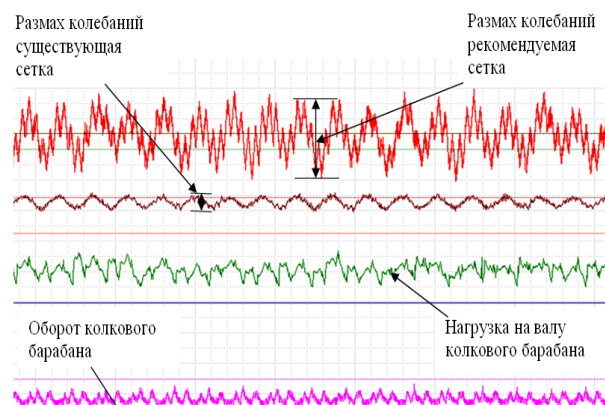


Рис. 4

На рис. 5 представлена графическая зависимость изменения амплитуды колебаний многогранной сетки от изменения коэффициента жесткости резиновой опоры при производительности машины 5 т/ч.

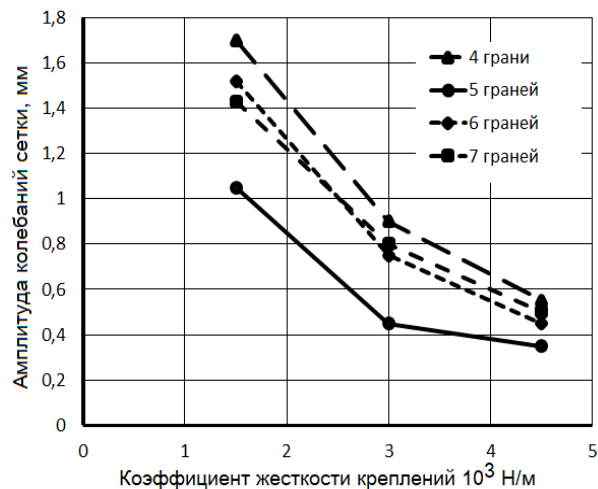


Рис. 5

Анализ графика на рис. 5 показывает, что с увеличением коэффициента жесткости резиновой опоры многогранной сетки от $1,5 \cdot 10^3$ до $4,5 \cdot 10^3$ Н/м амплитуда колебаний сетки уменьшается от $1,73 \cdot 10^{-3}$ до $0,52 \cdot 10^{-3}$ м. Наибольшая амплитуда наблюдается при шестигранной сетке. При использовании этой сетки можно ожидать максимального очистительного эффекта.

На рис. 6 представлены графические зависимости изменения момента на валу колкового барабана от количества граней сетки и производительности очистителя.

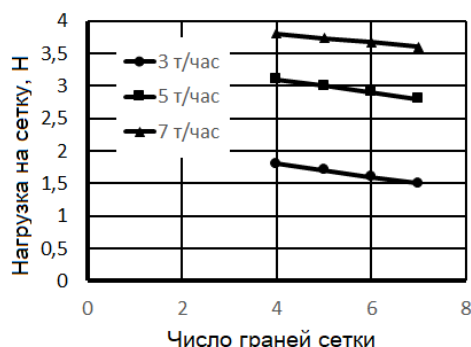


Рис. 6

Анализ графиков показывает, что увеличение количества граней сетки приводит к снижению момента на валу колкового барабана до (0,3±0,5) Н·м. Это объясняется тем, что с увеличением количества граней сетки она постепенно приближается к цилиндрической поверхности. При этом уменьшается сопротивление движению хлопка по сетчатой поверхности.

Сетка с шестью гранями испытывалась на очистителе УХК в условиях Карасувского хлопкозавода (Республика Узбекистан).

Технической контроль правильности работы оборудования СОЦ и ОЦ и оценку качества хлопка-сырца осуществляла технологическая лаборатория хлопкозавода в соответствии с действующими инструкциями. Вместе с тем конечным результатом работы очистителя хлопка-сырца является контроль очистительного эффекта.

Очистительный эффект (К, %) рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100,$$

где C_1, C_2 – засоренность хлопка-сырца до и после очистки, % [12].

Очистке подвергался хлопок-сырец I сорта. Результаты испытаний приведены в табл. 1 (сравнение результатов испытаний).

Таблица 1

№	Показатели	Количество граней сетки	Производительность, т/ч		
			3	5	7
1	Содержание влаги, %		8,6		
2	Количество сора в исходном материале, %		4,6 (2,0-мелкий, 2,6-крупный)		
3	Количество сора после очистителя, %	4	1,19	1,32	1,41
		5	1,20	1,37	1,42
		6	1,15	1,21	1,37
		7	1,29	1,38	1,45
		Серийная сетка	1,30	1,40	1,47
	Очистительный эффект, %	4	0,405	0,34	0,295
		5	0,4	0,315	0,29
		6	0,425	0,395	0,315
		7	0,355	0,31	0,275
		Серийная сетка	0,35	0,3	0,265

Как видно из таблицы, наибольший очистительный эффект обеспечивает сетка с шестью гранями. Засоренность снижается на 6,8 % при производительности 7 т/ч и на 11,5% при производительности 4 т/ч по сравнению с серийной сеткой.

ВЫВОДЫ

1. Предложена конструкция сетки очистителя хлопка-сырца от мелкого сора,

позволяющая повысить эффективность процесса выделения сора.

2. Экспериментально установлены зависимости амплитуды колебаний предложенной сетки от ее огранки и жесткости крепления.

3. Показано, что шестигранная сетка при существующих режимах работы очистителя имеет амплитуду колебаний, в 5...7 раз превышающую амплитуду колебаний существующей сетки, что позволило

рекомендовать ее для модернизированного очистителя.

4. В условиях производства показана эффективность применения рекомендуемой сетки, которая позволяет снизить засоренность хлопка от 9,8 до 11,5%, в зависимости от производительности очистителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газиева С.А., Курбонов Б.Д., Нуров М.Э., Иброгимов Х.И., Рудовский П.Н. Изменение структурного показателя хлопка-сырца по технологическим переходам его переработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С. 131...135.

2. Муродов О.Ж. Влияние формы сетки очистителя мелкого сора для хлопка-сырца на очистительный эффект // Технологии и качество. – 2021, № 2(52). С. 52...55. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-52-55>.

3. Корабельников А.Р., Лебедев Д.А., Шутова А.Г. Выделение сорных примесей с поверхности слоя волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С. 143...147.

4. Korabel'nikov R.V., Korabel'nikov A.R. One problem of removing coarse trash from fibrous material // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2000, №3. P. 29...33.

5. Джурраев А., Муродов О. Совершенствование конструкций и методы расчета параметров пластмассовых колосников на резиновых опорах очистителей хлопка от крупного сора. – Ташкент: "Фан ва технология", 2018.

6. Shodiyev Z, Shomurodov A. and O Rajabov. The results of the experimental nature of the vibrations of the grid cotton cleaner, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. 883 012169.

7. Jurayev A. and Rajabov O. I. Experimental study of the interaction of multifaceted and cylindrical spiky cylinder in cotton cleaner from small waste International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 6(3), 2019. P.8376-81.

8. Rajabov O. I., Fazliddin F. A., Gapparova M. H. and Shakhrrillo J. The influence of the location of the cells on the allocation of weed impurities for cleaning raw cotton from fine waste IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. 862 032027.

9. Rajabov O. I., Abrorov A. S., Mirzaqulova N. I., Zaripov G. B. and Ziyodullaeva Kh. S. An experimental study of the location of the grid bars cells installed under spiked cylinders in a cotton cleaner

from small waste IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. 862 032049.

10. Ozod Rajabov, Ziyodullo Shodiyev, Ikrom Inoyatov and Mastura Gapparova. Analysis of the Technological Process of Cleaning Raw Cotton from Small Trash International // Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 8(9), 2020. 6022-29.

11. John D. W., Gregory A. H., Mathew G. P. and Jeffery A. C. 2011 Influence of Grid Bar Shape on Field Cleaner Performance Laboratory Screening Test // Journal of Cotton Science. – 15,2011. 144-53.

12. Murodov O. 2019 Perfection of designs and rationale of parameters of plastic Koloski cleaning cleaners // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 8(12), 2019. 2640-46.

13. Алиев М., Бекмухамедов А. Хлопок и его продукция. – Ташкент: "Укитувчи", 1991.

14. Rajabov O.I. 2019 The influence of the mode of movement of the pieces cotton when interacting with a cotton grid // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 6(3),2019. 8455-60.

15. Ozod Rajabov Shukhrat Khayitov and Mukhriddin Yokubov. 2021 The results of practical research of the separator in an efficient design that separates the raw cotton from the air EPRA // International Journal of Multidisciplinary Research. – 7(1), 2021. pp 304-8.

16. Rajabov O. and Shodiyev Z. 2020 Analysis of Small Fluctuations of a Multifaceted Mesh under the Influence of Technological Load from the Cleaned Cotton // Raw International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 6(10), 2020. pp 11396-99.

17. Rajabov O. I., Kurbonov F. and Salimov Sh. 2020 Substantiation of Parameters of the Fibrous Material Cleaning Zone // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 9 (3), 2020. pp. 1052-57.

REFERENCES

1. Gazieva S.A., Kurbonov B.D., Nurov M.E., Ibrogimov Kh.I., Rudovskiy P.N. Izmenenie strukturnogo pokazatelya khlopka-syrtsa po tekhnologicheskim perekhodam ego pererabotki // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.. – 2013, № 5. S. 131...135.

2. Murodov O.Zh. Vliyanie formy setki ochistitelya melkogo sora dlya khlopka-syrtsa na ochistitel'nyy effekt // Tekhnologii i kachestvo. – 2021, № 2(52). S. 52...55. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-52-55>.

3. Korabel'nikov A.R., Lebedev D.A., Shutova A.G. Vydelenie sornykh primesey s poverkhnosti sloya voloknistogo materiala // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, № 4. S. 143...147.

4. Korabel'nikov R.V., Korabel'nikov A.R. One problem of removing coarse trash from fibrous material // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2000, №3. P. 29...33.
5. Dzhuraev A., Murodov O. Sovershenstvovanie konstruktsiy i metody rascheta parametrov plastmassovykh kolosnikov na rezinovykh oporakh ochistiteley khlopka ot krupnogo sora. – Tashkent: "Fan va tekhnologiya", 2018.
6. Shodiyev Z, Shomurodov A. and O Rajabov. The results of the experimental nature of the vibrations of the grid cotton cleaner, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. 883 012169 .
7. Jurayev A. and Rajabov O. I. Experimental study of the interactional of multifaceted and cylindrical spiky cylinder in cotton cleaner from small waste International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 6(3), 2019. P.8376-81.
8. Rajabov O. I., Fazliddin F. A., Gapparova M. H. and Shakhrrillo J. The influence of the location of the cells on the allocation of weed impurities for cleaning raw cotton from fine waste IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. 862 032027.
9. Rajabov O. I., Abrorov A. S., Mirzaqulova N. I., Zaripov G. B. and Ziyodullaeva Kh. S. An experimental study of the location of the grid bars cells installed under spiked cylinders in a cotton cleaner from small waste IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. 862 032049.
10. Ozod Rajabov, Ziyodullo Shodiyev, Ikrom Inoyatov and Mastura Gapparova. Analysis of the Technological Process of Cleaning Raw Cotton from Small Trash International // *Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. – 8(9), 2020. 6022-29.
11. John D. W., Gregory A. H., Mathew G. P. and Jeffery A. C. 2011 Influence of Grid Bar Shape on Field Cleaner Performance Laboratory Screening Test // *Journal of Cotton Science*. – 15,2011. 144-53.
12. Murodov O. 2019 Perfection of designs and rationale of parameters of plastic Koloski cleaning cleaners // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. – 8(12), 2019. 2640-46.
13. Aliev M., Bekmukhamedov A. Khlopok i ego produktsiya. – Tashkent: "Ukituvchi", 1991.
14. Rajabov O.I. 2019 The influence of the mode of movement of the pieces cotton when interacting with a cotton grid // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – 6(3),2019. 8455-60.
15. Ozod Rajabov Shukhrat Khayitov and Mukhriddin Yokubov. 2021 The results of practical research of the separator in an efficient design that separates the raw cotton from the air EPRA // *International Journal of Multidisciplinary Research*. – 7(1), 2021. pp 304-8.
16. Rajabov O. and Shodiyev Z. 2020 Analysis of Small Fluctuations of a Multifaceted Mesh under the Influence of Technological Load from the Cleaned Cotton // *Raw International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – 6(10), 2020. pp 11396-99.
17. Rajabov O. I., Kurbonov F. and Salimov Sh. 2020 Substantiation of Parameters of the Fibrous Material Cleaning Zone // *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. – 9 (3), 2020. pp. 1052-57.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин КГУ. Поступила 12.10.21.

**СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНИКИ
И ОБОРУДОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ОТ КОРРОЗИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ХРАНЕНИИ**

**METHODS OF VARIOUS TEXTILE MACHINERY
AND EQUIPMENT PROTECTION
AGAINST CORROSION DURING OPERATION AND STORAGE**

*Д.А. АБЗАЛОВА, Х.А. АБШЕНОВ, Д.С. МЫРЗАЛИЕВ,
А.Б. МОЛДАГАЛИЕВ, О.Б. СЕЙДУЛЛАЕВА, Т. СЕИЛХАНОВ*

*D.A. ABZALOVA, KH. ABSHENOV, D.S. MYRZALIYEV,
A.B. MOLDAGALIEV, O.B. SEIDULLAYEVA, T. SEILKHANOV*

(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)

(South Kazakhstan State University named after M.Auezov, Republic of Kazakhstan)

E-mail: dilya0158@mail.ru

На сегодняшний день проблема защиты металла от коррозии является одной из самых важных. Одной из основных задач в текстильной промышленности является увеличение срока службы деталей машин и оборудования. Коренная организационная и техническая реорганизация народного хозяйства требует интенсификации использования техники и машин текстильного комплекса. Долговечность машины зависит от ресурса ее составных элементов. Повышение качества, надежности, экономичности и производительности машин, снижение их удельной материалоемкости как при производстве, так и при ремонте машин достигается прежде всего применением материалов и современных технологий, позволяющих повысить прочность, износостойкость, коррозионную стойкость деталей и эксплуатационных характеристик машин. Снижение удельной материалоемкости и стоимости изделий возможно путем замены дорогих и дефицитных цветных металлов более легкими и дешевыми полимерными материалами. Полимерные материалы характеризуются высокими технологическими свойствами, коррозионной стойкостью, хорошей сцепляемостью к различным по своей природе материалам, хорошей обрабатываемостью. Поэтому они находят более широкое применение как в различных отраслях промышленности, так и в ремонтном производстве. Для защиты металлоконструкций от коррозии в основном применяются лакокрасочные покрытия. Несмотря на длительный срок применения лакокрасочных покрытий, долговечность их достаточно надежно может быть определена только исходя из длительных натурных испытаний в конкретных условиях эксплуатации. При эксплуатации в агрессивных условиях лакокрасочные покрытия подвергаются попеременному воздействию различных факторов. Целью исследований данной работы является разработка состава и исследование защитных свойств лакокрасочного покрытия на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана, модифицированного уретановым каучуком марки СКУ-8ТБ_к.

Nowadays, the problem of protecting metal from corrosion is one of the most important one. One of the main tasks in the textile industry is to increase the service life of machine and equipment parts. The fundamental organizational and

technical reorganization of the national economy requires an intensification of the textile equipment and machines use. The longevity of a machine depends on the resource of its component elements. Improving the quality, reliability, economy and productivity of machines, reducing their specific material capacity, both in the production and repair of machines, is achieved, first of all, by using materials and modern technologies that increase the strength, wear resistance, corrosion parts resistance and machines operational characteristics. Reducing the specific material capacity and cost of products is possible by replacing expensive and scarce non-ferrous metals with lighter and cheaper polymer materials. Polymer materials are characterized by high technological properties, corrosion resistance, good adhesion to materials of different nature, good workability. Therefore, they are more widely used both in various industries and in their repair production. To protect steel structures from corrosion, paint coatings are mainly used. Despite the long-term application of paint coatings, their durability can be reliably determined only based on long-term field tests in specific operating conditions. During operation under aggressive conditions, paint coatings are subjected to alternating effects of various factors. The purpose of the research of this work is to develop the composition and study the protective properties of the paint coating based on the xylitane epoxy-novolac block copolymer, modified with urethane rubber of the SKU-8TBk brand.

Ключевые слова: покрытия, лаки, смола, агрессивная среда, композиция, свойства, отверждение.

Keywords: covering, varnishes, pitch, hostile environment, composition, properties, solidification.

Борьба с коррозией – одна из важнейших проблем в стране, так как острота этой проблемы возрастает, поскольку темп роста коррозионных потерь значительно превышает темпы роста производства металлов. Защита металлов лакокрасочными покрытиями – наиболее старый и один из самых распространенных способов борьбы с коррозией. Основными достоинствами лакокрасочных покрытий являются: сравнительная дешевизна; относительная простота нанесения; легкость восстановления разрушенного покрытия; сочетаемость с другими способами защиты и др. При соответствующем подборе материалов и способа нанесения эти покрытия обеспечивают достаточно надежную защиту металлоконструкций и оборудования производств от коррозии в атмосфере и ряде коррозионных сред. Соблюдение технологического процесса окраски различной техники и оборудования играет существенную роль в повышении долговечности лакокрасочных покрытий. Правильная последовательность нанесения покрытий в

технологическом процессе производства и ремонта машин достигается окраской деталей перед сборкой [1]. Типовой технологией ремонта машин и оборудования рекомендуется производить окраску только после сборки, обкатки и испытания агрегатов и машин в целом. Огромным резервом повышения производительности труда и снижения затрат являются механизация и автоматизация процессов нанесения антикоррозионных покрытий. Широко распространенными средствами защиты деталей и узлов машин от коррозии, как показали исследования, являются герметики и защитные лакокрасочные покрытия. По теоретическим представлениям эффективное стабилизирующее действие лакокрасочного материала может быть достигнуто при соблюдении следующих требований: в составе лакокрасочного материала должны находиться активные пигменты, обеспечивающие быстрое образование эффективных комплексов ингибиторов и высокое защитное действие в самой начальной стадии, а также пигменты и органические ве-

щества, способствующие образованию нерастворимых соединений типа магнетита; лакокрасочный материал должен обладать высокой химической и атмосферостойкостью, не разрушаться до завершения реакций стабилизации продуктов коррозии металла. Долговечность лакокрасочных покрытий оборудования текстильной промышленности в настоящее время определяется визуальными наблюдениями за поведением их в естественных условиях эксплуатации в различных климатических зонах и в аппаратах искусственного старения [2], [3]. Накопление фактического материала, его систематизация и обобщение позволили установить основные типы разрушений, определяющие срок службы покрытий в тех или иных условиях их эксплуатации: потеря блеска, меление, отслаивание, растрескивание, грязеудержание, образование пузырей, потеря цвета, коррозия металла. Все виды разрушения полимерных и лакокрасочных покрытий по физико-химическим процессам, лежащим в их основе, методам исследования можно разделить на три группы: изменение блеска, изменение цвета, меление; коррозия металла; растрескивание, отслаивание, образование пузырей [4], [5]. Долговечность изделий, покрытых различными лакокрасочными покрытиями, в большой степени обусловлена коррозионной активностью технологических сред, в которых они находятся. Поэтому в производстве очень часто причиной преждевременного выхода оборудования и машин из строя является коррозия. В настоящее время разработаны ряд способов защиты машин и оборудования от действия различных химически активных сред эмалями, стеклом, полимерами, резиной и т.д. Однако многие из суще-

ствующих методов защиты обладают существенными недостатками: сложной технологией нанесения покрытия, неэффективностью покрытия во многих средах, высокой стоимостью покрытия и др.

В нашу задачу входила разработка покрытия на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана (ЭНБС_к), модифицированного уретановыми каучуками марки СКУ-8ТБ_к, который обладает высокими защитными и физико-механическими свойствами. Исходным продуктом для получения СКУ-8ТБ_к является полиэтиленбутиленадипинат на основе ксилитана (ПЭБА_к). Изучение реакционной способности полиэфира (ПЭБА_к) показало, что активность его при взаимодействии с диизоцианатом значительно выше, чем у полиэтиленпропиленадипинатов. Определение активности полиэфиров проводилось при соотношении компонентов, равном 1:2, при интенсивном перемешивании и температуре 80°C. Как показывают приведенные данные, наименее реакционно способным полиэфиром является полипропиленадипинат ксилитана из-за наличия вторичных гидроксильных групп и наиболее – полибутиленадипинат ксилитана [6]. В связи с выбором оптимального состава полиэтиленбутиленадипинат ксилитана были получены полиуретаны на основе полиэфиров с различным содержанием бутиленовых звеньев. Синтез полимеров осуществлялся одностадийным способом в присутствии катализатора при 70°C. Полученные каучуки вулканизировали органической перекисью. Результаты приведены в табл. 1 (физико-механические свойства СКУ-8ТБ_к на основе полибутиленэтиленадипинат ксилитана с различным содержанием бутиленовых звеньев).

Т а б л и ц а 1

Показатели	Расчетное содержание 1,4-бутандиола, % (масс.)							
	17	27	32	38	40	45	50	53
Напряжение при удлинении, МПа								
100%	1,5	1,8	3,8	3,5	3,2	4,3	4,3	4,3
300%	10,0	9,0	13,0	15,5	15,0	15,3	14,5	14,5
Сопротивление разрыву, МПа	21,0	24,0	20,0	27,5	28,9	28,1	32,5	32,5
Относительное удлинение, %	31,0	32,0	42,5	43,2	44,8	35,0	33,0	32,8
Остаточное удлинение, %	8,0	8,0	8,0	9,0	8,8	6,9	6,9	6,3
Твердость по ТИ-2	65,0	65,0	77,0	78,0	79,0	72,0	71,0	75,0
Температура стеклования, °С	-33	-35	-42	-46	-48	-45	-45	-46

Как показывают полученные исследования, оптимальное содержание бутиленовых звеньев в полиэфире, обеспечивающее получение некристаллизующегося каучука с высокой эластичностью и температурой стеклования в пределах -45 и -48°C , составляют 32...40% масс. Как показывают приведенные данные, вулканизаты на основе нового предельного каучука СКУ-8ТБ_к выгодно отличаются от резин, полученных из уретановых каучуков СКУ-8А лучшими свойствами. Для характеристики

каучука СКУ-8ТБ_к оценивали его технологические свойства, свойства резин, полученных с использованием различных систем вулканизации, а также стойкость в агрессивных средах.

Сравнительные физико-механические свойства вулканизатов предельных уретановых каучуков на основе различных полиэфиров приведены в табл. 2 (физико-механические свойства предельных полиуретанов, полученных различными полиэфирами).

Таблица 2

Показатели	Марка каучука	
	СКУ-8А	СКУ-8ТБ _к
Напряжение при удлинении, МПа		
100%	4,6	4,2
300%	11,8	15,4
Сопротивление разрыву, МПа	25	30
Относительное удлинение, %	36	45
Остаточное удлинение, %	3	5
Сопротивление разрыву, кН/м	40	56
Твердость по ТИ-2, усл.ед.	63	78
Температура стеклования, $^{\circ}\text{C}$	-32	-44

Образцы каучука СКУ-8ТБ_к характеризовали по следующим показателям: растворимость в этилацетате (ГОСТ 8981–96); температура стеклования (ГОСТ 12254–93); вязкость по Муни (ГОСТ 10722–94). Исследованы технологические свойства различных образцов каучука СКУ-8ТБ_к. Полная растворимость большей части образцов каучука в растворителе служит подтверждением его линейного строения и отсутствия поперечных связей. Получение некоторых нерастворимых образцов полимера связано с изменением принятого соотношения исходных компонентов. Температура стеклования каучука СКУ-8ТБ_к колеблется в пределах $40...46^{\circ}\text{C}$. Для технологической оценки каучука использовали показатель вязкости по Муни. Надо отметить, что этот показатель наблюдается в широких пределах в зависимости от температуры синтеза и соотношения исходных компонентов. Следует отметить, что полиуретан СКУ-8ТБ_к в пределах вязкости по Муни от 20 до 150 условных единиц хорошо перерабатывается на холодных вальцах. Одним из перспективных направлений по повышению надежности и эф-

фективности работы оборудования текстильной промышленности является изоляция поверхностей оборудования тонкослойными полимерными покрытиями. В изделиях с полимерным покрытием удачно сочетаются прочность и жесткость, присущие металлам с химической стойкостью, износостойкостью и рядом других специальных свойств, характерных для полимеров. Полимерные покрытия с каждым годом все более широко применяются в промышленности. Это объясняется наличием у них ряда ценных свойств, позволяющих покрытиям выполнять многочисленные функции. Полимерные покрытия защищают поверхности оборудования от коррозионного воздействия эксплуатационных сред, предотвращают образование на них различных отложений, защищают оборудование от гидроабразивного и коррозионно-механического износа, снижают гидравлические потери, повышают герметичность разъемных неподвижных соединений, уменьшают металлоемкость конструкций. Покрытия позволяют снизить трудоемкость ремонта, уменьшить расход запчастей, легированных сталей, цветных

металлов и сплавов. В настоящее время накоплен достаточно большой опыт применения полимерных покрытий в промышленности. При решении вопросов, связанных с практическим использованием полимерных покрытий в промышленности, необходимо знать не только их свойства и область применения, но и технологию нанесения на различные виды оборудования. Это облегчает выбор полимерных покрытий, способствует наиболее эффективному их применению. Одним из направлений научных исследований в области применения лакокрасочных материалов является расширение и пополнение ассортимента лакокрасочной продукции новыми видами и марками с принципиально новыми свойствами. Наиболее приемлемыми для защиты оборудования и металлоконструкций являются материалы на основе эпоксидных смол с различной модификацией. С этой целью нами был разработан состав покрытия на основе эпоксидно-волачного блоксополимера ксилитана (ЭНБС_к), модифицированного каучуком марки СКУ-8ТБ_к. Для достижения этой

цели было необходимо решить следующие задачи: оптимизировать состав эпоксидных модифицированных покрытий, исследовать кинетику отверждения модифицированных эпоксидных покрытий, оценить физико-механические свойства покрытий. Эти материалы и покрытия из них испытаны в лабораторных и промышленных условиях, что подтверждено актами испытаний [7]. Для испытаний систем толсто-слоистых покрытий в производственных условиях применены пластинки из легированной стали размером 150x60 мм и толщиной 0,8 мм. Стальные пластинки очищались шлифовальной шкуркой, после чего промывались растворителем ватным тампоном. После очистки определяли чистоту поверхности. Покрытие наносили методом воздушного распыления. Сушку покрытий проводили в соответствии с требованиями технических условий каждого материала (табл. 3 – система эпоксиксилитанового покрытия, модифицированного каучуком марки СКУ-8ТБ_к для испытаний в производственных условиях).

Т а б л и ц а 3

Покрытие	Количество слоев	Общая толщина Пк, мкм	Количество образцов
ЭНБС _к + СКУ-8ТБ _к	1	130 - 140	30
ЭНБС _к + СКУ-8ТБ _к	1	130 - 150	30
ЭНБС _к + СКУ-8ТБ _к	1	140 - 150	30
ЭНБС _к + СКУ-8ТБ _к	2	200-210	60
ЭНБС _к + СКУ-8ТБ _к	2	220-240	60
ЭНБС _к + СКУ-8ТБ _к	2	180-190	60

После окончательной сушки покрытий на края образцов нанесены окунанием защитные слои из загущенных лакокрасочных материалов. Система покрытий, приведенная в табл. 3, позволяет определить и их защитную способность и долговечность. Наряду с физико-механическими свойствами, стойкость к внешним воздействиям является главным показателем, оп-

ределяющим качество лакокрасочных покрытий [8]. Адгезионная прочность зависит от структурных особенностей и химических свойств полимеров. Полученные данные позволяют утверждать, что коррозионная стойкость покрытий в основном оставалась на высоком уровне (табл. 4 – физико-механические свойства покрытий на основе ЭНБС_к + СКУ-8ТБ_к).

Т а б л и ц а 4

Свойства покрытий	Показатели
Цвет	жидкость от светло - бордового до темно-бордового цвета
Внешний вид	после высыхания пленка должна быть ровной, однородной, цвет от светлого до темного

Прочность пленки при изгибе по шкале ШГ, мм, не более	10
Твердость покрытия по маятниковому прибору типа М-3	0,7...0,9
Прочность пленки при ударе, кгс·см, не менее	50
Удельное объемное сопротивление, Ом·см ²	1·10 ⁴ ...3·10 ⁴
Толщина покрытия, мкм	100...150
Адгезия покрытия по методу решетчатых надрезов в баллах	1...2
Водопоглощение за 24 ч при 20°С, %	0,16
Усадка, %	0,1...0,8
Предел прочности, МПа:	
при сжатии	110...120
при изгибе	80...110
Теплостойкость по Вика, °С	80...100
Условная вязкость при 20°С по вискозиметру ВЗ-4, с, не менее	21...25
Плотность при 20°С, г/см ³	1,78
Время высыхания до степени 3 при 20°С, с, не более	50

ВЫВОДЫ

1. Разработан способ синтеза каучука СКУ-8ТБ_к с улучшенными низкотемпературными свойствами. Коэффициент морозостойкости вулканизатов СКУ-8ТБ_к выше, чем у резин на основе СКУ-8А.

2. Разработан состав покрытия на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана (ЭНБС_к), модифицированного уретановыми каучуками марки СКУ-8ТБ_к.

3. Исследования химической стойкости в агрессивных средах, физико-механических свойств покрытий на основе ЭНБС_к, модифицированного уретановым каучуком марки СКУ-8ТБ_к проводились в соответствии с ГОСТ.

4. Физико-механические и защитные свойства покрытия на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана (ЭНБС_к), модифицированного уретановым каучуком марки СКУ-8ТБ_к, обладает положительными показателями и открывает широкие возможности повышения противокоррозионной защиты лакокрасочными покрытиями металлоконструкций и оборудования промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев А.Д. Химическая технология лакокрасочных покрытий. – Л.: Химическая промышленность, 2011.
2. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.: Изд-во "Физматлин", 2010.

3. Ангал Р. Коррозия и защита от коррозии. – М.: Изд-во "Интеллект", 2013.

4. Моисеева Л.С., Кондрова О.В. Защита металлов. – М., 2005.

5. Вигдорович В.И., Макаров А.П. Практика противокоррозионной защиты. – М., 2015.

6. Абзалова Д.А., Сырманова К.К., Мырзалиев Д.С. Композиционное покрытие на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана - Инновационный патент РК, №5448, 2020.

7. Абзалова Д.А., Абшенов Х.А., Мырзалиев Д.С., Молдагалиев А.Б. Новые антикоррозионные защитные покрытия на основе промышленных отходов производства регионов Казахстана для защиты оборудования текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №4.

8. Абзалова Д.А., Мырзалиев Д.С., Сейдуллаева О.Б., Сеилханов Т.Б. Методика экспериментальных исследований влияния композиционных покрытий на основе ЭНБС ксилитана на основные параметры долговечности техники // Тр. Междунар. научн-практич. конф.: Ауэзовские чтения-19: 30 лет Независимости Казахстана, т.9. – Шымкент, 2021.

REFERENCES

1. Yakovlev A.D. Khimicheskaya tekhnologiya lakokrasochnykh pokrytiy. – L.: Khimicheskaya promyshlennost', 2011.
2. Semenova I.V., Florianovich G.M., Khoroshilov A.V. Korroziya i zashchita ot korrozii. – M.: Izd-vo "Fizmatlin", 2010.
3. Angal R. Korroziya i zashchita ot korrozii. – M.: Izd-vo "Intellekt", 2013.
4. Moiseeva L.S., Kondrova O.V. Zashchita metallov. – M., 2005.
5. Vigdorovich V.I., Makarov A.P. Praktika protivokorroziionnoy zashchity. – M., 2015.
6. Abzalova D.A., Syrmanova K.K., Myrzaliev D.S. Kompozitsionnoe pokrytie na osnove epoksidno-

novolachnogo bloksopolimera ksilitana - Innovatsionnyy patent RK, №5448, 2020.

7. Abzalova D.A., Abshenov Kh.A., Myrzaliev D.S., Moldagaliev A.B. Novye antikorrozionnye zashchitnye pokrytiya na osnove promyshlennykh otkhodov proizvodstva regionov Kazakhstana dlya zashchity oborudovaniya tekstil'noy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №4.

8. Abzalova D.A., Myrzaliev D.S., Seydullaeva O.B., Seilkhanov T.B. Metodika eksperimental'nykh

issledovaniy vliyaniya kompozitsionnykh pokrytiy na osnove ENBS ksilitana na osnovnye parametry dolgovechnosti tekhniki // Tr. Mezhdunar. nauchn-praktich. konf.: Auezovskie chteniya-19: 30 let Nezavisimosti Kazakhstana, t.9. – Shymkent, 2021.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 13.10.21.

УДК 539.434:677.494

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_205

**КОРРЕКТИРОВКА ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ***

**CORRECTION OF MATHEMATICAL MODEL PARAMETERS
OF POLYMERIC TEXTILE MATERIAL DEFORMATION PROCESSES
WITH THE PURPOSE OF INCREASING THE PREDICTION ACCURACY**

А.В. ДЕМИДОВ, А.Г. МАКАРОВ, Н.В. ПЕРЕБОРОВА, А.М. ЛИТВИНОВ

A.V. DEMIDOV, A.G. MAKAROV, N.V. PEREBOROVA, A.M. LITVINOV

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: rector@sutd.ru; makvin@yandex.ru; nina1332@yandex.ru; litalmih@yandex.ru

Рассматриваются методы корректировки параметров математических моделей деформационных процессов полимерных текстильных материалов, повышающие точность их численного прогнозирования. Указанная корректировка параметров основана на применении критериев достоверности моделирования деформационных процессов этих материалов, полученных с использованием методов операционного исчисления к определяющим уравнениям деформационных процессов.

Methods for adjusting the mathematical model parameters of polymeric textile material deformation processes, which increase the accuracy of their numerical prediction, are considered. The specified adjustment of the parameters is based on the application of criteria for the reliability of modeling the deformation processes of these materials, obtained using the methods of operational calculus, to the governing equations of deformation processes.

Ключевые слова: компьютерное прогнозирование, математическое моделирование, полимерные текстильные материалы, деформационные процессы, релаксация, ползучесть.

Keywords: computer forecasting, mathematical modeling, polymer textile materials, deformation processes, relaxation, creep.

* Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Введение

Среди различных физико-механических характеристик полимерных текстильных материалов важное место занимают модуль релаксации и податливость, предназначенные как для сравнительного анализа эксплуатационных свойств материалов, так и для расчета их нагруженных состояний в широком диапазоне неразрушающей механической нагрузки и времени ее действия.

Сложившиеся представления о наследственном характере вязкоупругих свойств, проявляющихся в процессе деформирования полимерных текстильных материалов, определяют актуальность исследования этих процессов у различных материалов [1].

Вывод об активирующем характере воздействия приложенной механической нагрузки на среднестатистические времена релаксации или запаздывания подтвердился многочисленными измерениями и привел к соответствующей модификации уравнений Больцмана-Вольтерра [2].

При этом благодаря выбору физически обоснованных простейших ядер релаксации и запаздывания удалось добиться, во-первых, заметного упрощения уравнений состояния по сравнению с уравнениями, широко применяемыми в строительной механике [3], и, во-вторых, распространения этих уравнений на случай нелинейной вязкоупругости. Разработан ряд методик определения соответствующих характеристик [4].

Вместе с тем, вопрос об уточнении этих характеристик в связи с их интегральной спецификой продолжает представлять несомненный интерес для материаловедов, занимающихся анализом физико-механических свойств различных полимерных текстильных материалов с позиции физики полимеров [5].

Методы

В настоящей статье рассматриваются формулы, предназначенные для указанного контроля и уточнения, а также приводится пример их использования.

Рассмотрим уравнения теории наследственной вязкоупругости [6]:

$$\sigma_t = E_o \varepsilon_t + \int_0^t \varepsilon_\theta E'_{\varepsilon;t-\theta} d\theta \quad (1)$$

для релаксации и

$$\varepsilon_t = D_o \sigma_t + \int_0^t \sigma_\theta D'_{\sigma;t-\theta} d\theta \quad (2)$$

для ползучести.

Здесь t – время; ε – деформация; σ – напряжение; $E_{\varepsilon t}$ – модуль релаксации; $D_{\sigma t}$ – податливость.

Уравнение (1) оказывается продуктивным в случаях, когда переменная величина деформации известна – например, при аналитическом описании или прогнозировании диаграммы растяжения. Уравнение (2) становится удобным, когда задается переменная величина напряжения. Напомним, что при $\sigma = \text{const}$ из (1) получается аналитическая взаимосвязь модуля и податливости [7]:

$$E_o D_{\sigma t} + \int_0^t D_{\sigma\theta} E'_{\varepsilon;t-\theta} d\theta = 1, \quad (3)$$

а при $\varepsilon = \text{const}$ из (2) получается аналогичная взаимосвязь:

$$D_o \sigma_{\varepsilon t} + \int_0^t E_{\varepsilon\theta} D'_{\sigma;t-\theta} d\theta = 1. \quad (4)$$

С учетом $E_o D_o = E_\infty D_\infty = 1$ уравнение (2) можно переписать в виде:

$$\sigma_t = E_o \varepsilon_t - E_o \int_0^t \sigma_\theta D'_{\sigma;t-\theta} d\theta,$$

и тогда совместно с (1) получается следующая взаимосвязь между ядрами уравнений (1) и (2) к условию эквивалентности этих уравнений:

$$-\int_0^t \varepsilon_\theta E'_{\varepsilon;t-\theta} d\theta = E_o \int_0^t \sigma_\theta D'_{\sigma;t-\theta} d\theta. \quad (5)$$

При $\varepsilon = \text{const}$ из (1) получается модуль релаксации:

$$\varepsilon^{-1} \sigma_{\varepsilon t} = E_{\varepsilon t} = E_o - (E_o - E_\infty) \varphi_{\varepsilon t} = E_o (1 - (1-c) \varphi_{\varepsilon t}), \quad (6)$$

а при $\sigma = \text{const}$ из (2) получается податливость:

$$\sigma^{-1}\varepsilon_{\sigma t} = D_{\sigma t} = D_0 + (D_{\infty} - E_0)\varphi_{\sigma t} = E_0^{-1}\left(1 + \frac{1-c}{c}\varphi_{\sigma t}\right), \quad (7)$$

где $c = E_{\infty}^{+1}E_0^{-1}$, $\varphi_{\varepsilon t} \in (0;1)$ и $\varphi_{\sigma t} \in (0;1)$ – нормированные функции [8].

Процессы релаксации (6) и ползучести (7) являются наиболее простыми. При $\varepsilon \neq \text{const}$ с помощью уравнения (1) процесс деформирования рассматривается как наследственная релаксация, а при $\sigma \neq \text{const}$ с помощью уравнения (2) процесс нагружения рассматривается как наследственная ползучесть [9].

С учетом (6) и (7) из (5) получается взаимосвязь между нормированными функциями:

$$\int_0^t \sigma_{\theta} \varphi'_{\sigma t-\theta} d\theta = E_{\infty} \int_0^t \varepsilon_{\theta} \varphi'_{\varepsilon t-\theta} d\theta. \quad (8)$$

При $\sigma = \text{const}$ из (8) получаем для ползучести:

$$\phi_{\sigma t} = E_{\infty} \sigma^{-1} \int_0^t \varepsilon_{\sigma\theta} \varphi'_{\varepsilon t-\theta} d\theta = E_{\infty} \int_0^t D_{\sigma\theta} \varphi'_{\varepsilon t-\theta} d\theta, \quad (9)$$

а при $\varepsilon = \text{const}$ – для релаксации:

$$\phi_{\varepsilon t} = E_{\infty}^{-1} \varepsilon^{-1} \int_0^t \sigma_{\varepsilon\theta} \varphi'_{\sigma t-\theta} d\theta = E_{\infty}^{-1} \int_0^t E_{\varepsilon\theta} \varphi'_{\sigma t-\theta} d\theta. \quad (10)$$

Как из формулы (9), так и из формулы (10) получается, что при $t \ll \tau$, где τ – время релаксации или запаздывания [10]:

$$E_0 \varphi_{\sigma t} \approx E_{\infty} \varphi_{\varepsilon t},$$

то есть $\varphi_{\sigma t} \rightarrow c \varphi_{\varepsilon t} \rightarrow 0$, при $t \gg \tau$ $\varphi_{\varepsilon t} \rightarrow \varphi_{\sigma t} \rightarrow 1$.

В уравнении (8) отчетливо видна интегральная симметрия нормированных ядер релаксации и ползучести, содержащихся в уравнениях (1) и (2). Если воспользоваться свойствами интегральных сверток [11], то, учитывая, что $\varphi_{\sigma(0)} = 0$ и $\varphi_{\varepsilon(0)} = 0$, посредством интегрирования (8), получается также уравнение:

$$\int_0^t \sigma_{\theta} \varphi_{\sigma t-\theta} d\theta = E_{\infty} \int_0^t \varepsilon_{\theta} \varphi_{\varepsilon t-\theta} d\theta, \quad (11)$$

из которого видна симметрия соответствующих нормированных функций.

С учетом следующей взаимосвязи модуля упругости и податливости

$$E_{\infty} = E_{\infty}^{+0.5} D_{\infty}^{-0.5} = D_{\infty}^{-1}, \quad (12)$$

указанная симметрия с еще большей четкостью проявляется при символической записи сверток в уравнениях (8) и (11) [12]:

$$D_{\infty}^{0.5} \sigma_t \varphi'_{\sigma t} = E_{\infty}^{0.5} \varepsilon_t \varphi'_{\varepsilon t}, \quad (13)$$

$$D_{\infty}^{0.5} \sigma_t \varphi_{\sigma t} = E_{\infty}^{0.5} \varepsilon_t \varphi_{\varepsilon t}. \quad (14)$$

Продолжая пользоваться свойствами свертки, для выражений (3) и (4) получим идентичную символическую запись:

$$\frac{\partial}{\partial t} (D_{\sigma t} E_{\varepsilon t}) = 1 \quad (15)$$

для условия $\sigma = \text{const}$ либо $\varepsilon = \text{const}$, а проинтегрировав (15), получим в символическом виде:

$$D_{\sigma t} E_{\varepsilon t} = 1 \cdot t = t. \quad (16)$$

В (15) и (16) более отчетливо, чем в (3) и (4), видна определенная символическая симметрия модуля и податливости. При получении уравнения (3) из канонического уравнения (15) дифференцируется $E_{\varepsilon t}$, а при получении (4) в (15) дифференцируется $D_{\sigma t}$.

При использовании операционного исчисления [13], по аналогии с ситуацией линейной вязкоупругости, получается, что (1) и (2) приводятся к следующему символическому виду:

$$\sigma_t \cdot 1 = \varepsilon_t E_{\varepsilon t} \quad \text{и} \quad \varepsilon_t \cdot 1 = \sigma_t \cdot D_{\sigma t}, \quad (17)$$

и затем, в сочетании с (16), каждое из уравнений (17) приводится к одинаковому символическому виду:

$$\sigma_t \sigma_t D_{\sigma t} = \varepsilon_t \varepsilon_t E_{\sigma t}, \quad (18)$$

или

$$\{\sigma_t\} \{D_{\sigma t}\}^{0.5} = \{\varepsilon_t\} \{E_{\sigma t}\}^{0.5}, \quad (19)$$

где $\{\sigma_t\} = \int_0^{\infty} \sigma_t \exp(-pt) dt$, то есть σ_t – оригинал, $\{\sigma_t\}$ – его лапласово изображение в символическом виде [14].

Из получившегося совпадения "самостоятельных" записей (1) и (2) в виде (18) или (19) следует вывод об адекватности уравнений (1) и (2), несмотря на их индивидуальное появление [15].

При переходе от (1) и (2) к (18) или (19), от (3) и (4) к (15) или (16), от (8) к (11), (13) и (14) осуществлялись действия такие же, как и в случае линейной вязкоупругости.

Вместе с тем, подчеркнем, что при обратном ходе от (19) к (1) - (4), от (13) к (11) в рассматриваемой ситуации нелинейной вязкоупругости не следует пользоваться двойственным правилом дифференцирования интеграла-свертки, а именно следует дифференцировать переменные – модуль и податливость, исходя из специфики получения формул (1) и (2), как видно из вывода этих формул [16].

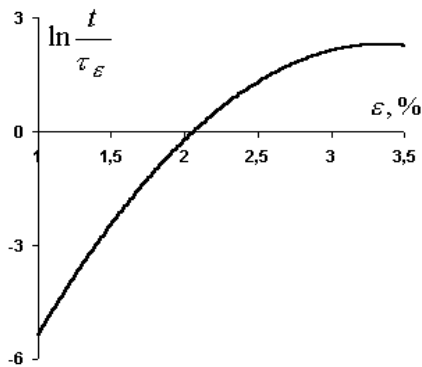


Рис. 1

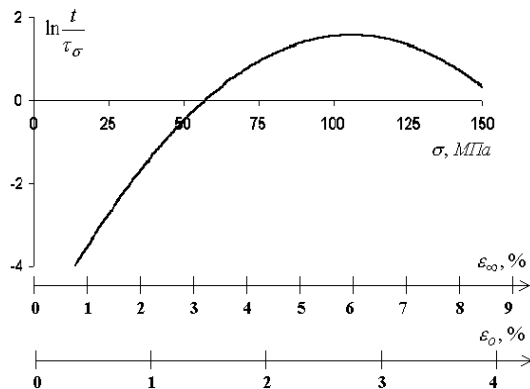


Рис. 2

Применение интегрального критерия (15) в виде (3) к капроновой нити 187 текс (рис.3-а), к нити нитрон 33,3 текс (рис.3-б) и к лавсановой нити 114 текс (рис.3-в) [19] дает сходные результаты. Как видно из при-

При дифференцировании модуля и податливости переменные величины как деформации, так и напряжения выполняют роль параметра и, таким образом, операциям дифференцирования по времени эти параметры не препятствуют [17].

Полезно увидеть, что из (19), так же, как и из (1) и (2), получается, что при $t \ll \tau$ будет:

$$D_o^{0.5} \sigma_t \approx \varepsilon_t E_o^{0.5}, \text{ то есть } \sigma_t \approx E_o \varepsilon_t, \quad (20)$$

а при $t \gg \tau$:

$$D_o^{0.5} \sigma_t \approx E_{\infty}^{0.5} \varepsilon_t, \text{ то есть } \sigma_t \approx E_{\infty} \varepsilon_t. \quad (21)$$

На рис. 1 и рис. 2 приведены графики деформационной и силовой функций капроновой нити 187 текс, для которой в качестве нормированных функций $\phi_{\sigma t}$ и $\phi_{\sigma t}$ выбирался нормированный арктангенс [18]:

$$\phi_{\sigma t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b_{\text{не}}} \ln \frac{t}{\tau_{\varepsilon}} \right), \quad (22)$$

$$\phi_{\sigma t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b_{\text{нс}}} \ln \frac{t}{\tau_{\sigma}} \right). \quad (23)$$

веденных графиков (рис.3), отклонение интегральных кривых от значения "1" составляет величину, не превосходящую 10%. Это отклонение характеризует точность полученного решения определяющего урав-

нения в виде (1), (2) или (19) при задании функций (6) и (7) и отыскании параметров этих функций [20].

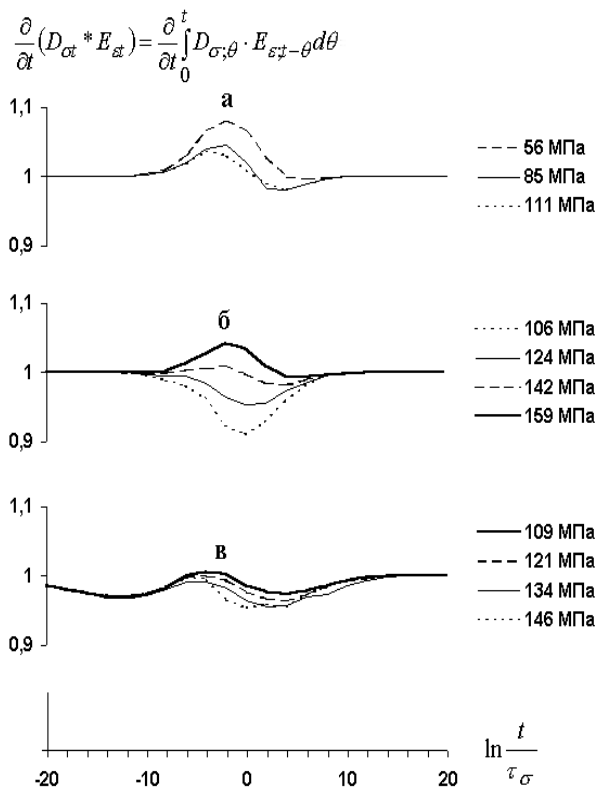


Рис. 3

Аналогичные результаты получаются при применении интегрального критерия (15) в виде (4) (рис.4).

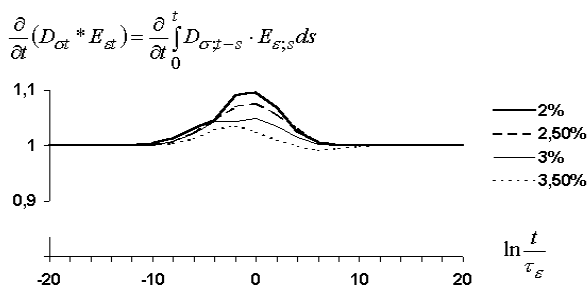


Рис. 4

Критерий (15) в развернутом виде (3) и (4) или (8) - (11) может быть использован также для уточнения решения уравнения (19) в виде (1) или (2) относительно искомых функций (6) и (7) [21].

В случае повышения требований к точности прогнозирования нагруженных состояний в условиях эксплуатации изделий

наряду с рассмотренным критерием (15) для контроля и уточнения физико-механических характеристик можно использовать также диаграммы растяжения, получаемые в широком диапазоне скоростей деформирования, типичных для условий эксплуатации [22].

ВЫВОДЫ

1. Идентичность наследственных уравнений релаксации и ползучести, а также определенная символическая симметрия модуля релаксации и податливости, распространяются на развиваемый вариант теории наследственной нелинейной вязкоупругости и тем самым принципиально допускается совместимость получаемых функций среднестатистических времен релаксации и запаздывания. Тем самым оказываются совместимыми две нормированные аналогии – деформационно-временная и сило-временная.

2. Для обеспечения контроля взаимосвязи между получаемыми среднестатистическими временами релаксации и запаздывания, а также между другими характеристиками наследственных ядер, предлагается использовать разработанный интегральный критерий достоверности прогнозирования деформационных процессов.

3. Близость релаксационных и деформационных кривых, полученных для различных значений деформации и напряжения, подтверждает достаточную точность определения функций среднестатистических времен релаксации и запаздывания.

4. С целью расчетного прогнозирования сложных процессов деформирования для аналитического описания нормированных наследственных ядер релаксации и запаздывания полезно использовать в качестве основы математической модели нормированный арктангенс.

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. 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.
3. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование деформационных процессов полимерных парашютных строп//Химические волокна. – 2015, № 6. С. 60...67.
4. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А. Моделирование и расчетное прогнозирование релаксационных и деформационных свойств полимерных парашютных строп// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 194...205.
5. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование деформационных процессов полимерных парашютных строп//Химические волокна. – 2016, № 2. С. 52...58.
6. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А. Прогнозирование деформационно-релаксационных процессов полиамидных тканей, применяемых для изготовления куполов парашютов// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 250...258.
7. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Качественный анализ деформационно-релаксационных свойств арамидных шнуров горноспасательного назначения//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С. 309...313.
8. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Математическое моделирование деформационно-релаксационных процессов полимерных материалов в условиях переменной температуры // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 4. С. 287...292.
9. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С., Васильева Е.К. Методы математического моделирования и качественного анализа релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 2. С.251...255.
10. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Козлов А.А., Коновалов А.С. Методы моделирования и сравнительного анализа усадки и деформационно-восстановительных свойств арамидных текстильных материалов//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С.253...257.
11. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Климова Н.С. Методы повышения конкурентоспособности отечественных арамидных текстильных материалов на основе комплексного анализа их функциональных свойств//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 6. С.267...272.
12. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Моделирование релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов – основа анализа их эксплуатационных свойств//Химические волокна. – 2018, № 2. С.36...39.
13. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Козлов А.А., Шванкин А.М. Компьютерное прогнозирование и качественный анализ полимерных парашютных строп//Химические волокна. – 2018, № 3. С. 94...97.
14. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Козлов А.А., Васильева Е.К. Разработка интегральных критериев оптимальности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов//Химические волокна. – 2018, № 4. С. 54...56.
15. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Егорова М.А., Климова Н.С. Спектральный анализ вязкоупругой ползучести геотекстильных нетканых материалов//Химические волокна. – 2018, № 4. С.117...120.
16. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Козлов А.А. Математическое моделирование и сравнительный анализ деформационно-восстановительных свойств и усадки арамидных текстильных материалов//Химические волокна. – 2018, № 5. С.89...92.
17. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Васильева Е.К., Шванкин А.М., Егоров И.М. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование вязкоупругой ползучести геотекстильных нетканых материалов//Химические волокна. – 2018, № 6. С.3...6.
18. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Климова Н.С. Повышение конкурентоспособности арамидных текстильных материалов на основе математического моделирования и анализа их эксплуатационных свойств//Химические волокна. – 2018, № 6. С. 87...90.
19. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Спектральный анализ вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен и его применение для оценки их функциональности//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 2. С. 192...198.
20. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Повышение конкурентоспособности полимерных текстильных материалов на основе применения интегральных критериев достоверности математического моделирования вязкоупругости на стадии их проектирования и организации производства//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 3. С. 242...247.
21. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Математическое моделирование и расчетное прогнозирование вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен - средство оценки их функционально-эксплуатационного назначения//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 4. С. 229...234.

22. Макаров А.Г., Максимов В.В., Коновалов А.С., Козлов А.А., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Компьютерное моделирование и качественный анализ деформационно-релаксационных свойств полимерных материалов для парашютостроения//Иzv. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 5. С. 248...253.

REFERENCES

1. Makarov A.G. Kontrol' parametrov nelineynonasledstvennykh yader relaksatsii i zapazdyvaniya sinteticheskikh nitey// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2000, № 2. S.12...16.

2. Makarov A.G. Opreделение analiticheskoy vzaimosvyazi normirovannykh yader relaksatsii i polzuchesti v lineynoy teorii vyazkoprugosti tekstil'nykh materialov// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2002, № 2, S. 13...17.

3. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A. Matematicheskoe modelirovanie i komp'yuternoe prognozirovanie deformatsionnykh protsessov polimernykh parashyutnykh strop //Khimicheskie volokna. – 2015, № 6. S. 60...67.

4. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A. Modelirovanie i raschetnoe prognozirovanie relaksatsionnykh i deformatsionnykh svoystv polimernykh parashyutnykh strop// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2015, № 6. S. 194...205.

5. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A. Matematicheskoe modelirovanie i komp'yuternoe prognozirovanie deformatsionnykh protsessov polimernykh parashyutnykh strop//Khimicheskie volokna. – 2016, № 2. S. 52...58.

6. Demidov A.V., Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A. Prognozirovanie deformatsionno-relaksatsionnykh protsessov poliamidnykh tkaney, primenyaemykh dlya izgotovleniya kupolov parashyutov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2017, № 1. S. 250...258.

7. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Kachestvennyy analiz deformatsionno-relaksatsionnykh svoystv aramidnykh shnurov gornospasatel'nogo naznacheniya//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2017, № 2. S. 309...313.

8. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Matematicheskoe modelirovanie deformatsionno-relaksatsionnykh protsessov polimernykh materialov v usloviyakh peremennoy temperatury // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2017, № 4. S. 287...292.

9. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S., Vasil'eva E.K. Metody matematicheskogo modelirovaniya i kachestvennogo analiza relaksatsionno-deformatsionnykh protsessov aramidnykh tekstil'nykh materialov//Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2018, № 2. S.251...255.

10. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Kozlov A.A., Konovalov A.S. Metody modelirovaniya i sravnitel'nogo analiza usadki i deformatsionno-vosstanovitel'nykh svoystv aramidnykh tekstil'nykh materialov//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2018, № 3. S.253...257.

11. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Klimova N.S. Metody povysheniya konkurentosposobnosti otechestvennykh aramidnykh tekstil'nykh materialov na osnove kompleksnogo analiza ikh funktsional'nykh svoystv//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2018, № 6. S.267...272.

12. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Modelirovanie relaksatsionno-deformatsionnykh protsessov aramidnykh tekstil'nykh materialov – osnova analiza ikh ekspluatatsionnykh svoystv//Khimicheskie volokna. – 2018, № 2. S.36...39.

13. Makarov A.G., Pereborova N.V., Kozlov A.A., Shvankin A.M. Komp'yuternoe prognozirovanie i kachestvennyy analiz polimernykh parashyutnykh strop//Khimicheskie volokna. – 2018, № 3. S. 94...97.

14. Pereborova N.V., Makarov A.G., Kozlov A.A., Vasil'eva E.K. Razrabotka integral'nykh kriteriev optimal'nosti matematicheskogo modelirovaniya relaksatsionno-vosstanovitel'nykh protsessov polimernykh tekstil'nykh materialov//Khimicheskie volokna. – 2018, № 4. S. 54...56.

15. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Egorova M.A., Klimova N.S. Spektral'nyy analiz vyazkoprugoy polzuchesti geotekstil'nykh netkanykh materialov//Khimicheskie volokna. – 2018, № 4. S.117...120.

16. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Kozlov A.A. Matematicheskoe modelirovanie i sravnitel'nyy analiz deformatsionno-vosstanovitel'nykh svoystv i usadki aramidnykh tekstil'nykh materialov//Khimicheskie volokna. – 2018, № 5. S.89...92.

17. Pereborova N.V., Makarov A.G., Vasil'eva E.K., Shvankin A.M., Egorov I.M. Matematicheskoe modelirovanie i komp'yuternoe prognozirovanie vyazkoprugoy polzuchesti geotekstil'nykh netkanykh materialov//Khimicheskie volokna. – 2018, № 6. S.3...6.

18. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Klimova N.S. Povyshenie konkurentosposobnosti aramidnykh tekstil'nykh materialov na osnove matematicheskogo modelirovaniya i analiza ikh ekspluatatsionnykh svoystv//Khimicheskie volokna. – 2018, №6. S. 87...90.

19. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Spektral'nyy analiz vyazko-uprugosti geotekstil'nykh netkanykh poloten i ego primeneniye dlya otsenki ikh funktsional'nosti// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2019, № 2. S. 192...198.

20. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Povyshenie konkurentosposobnosti polimernykh tekstil'nykh materialov na osnove pri-

meneniya integral'nykh kriteriev dostovernosti matematicheskogo modelirovaniya vyazko-uprugosti na stadii ikh proektirovaniya i organizatsii proizvodstva//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2019, № 3. S. 242...247.

21. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Matematicheskoe modelirovanie i raschetnoe prognozirovanie vyazkouprugosti geotekstil'nykh netkanykh poloten - sredstvo otsenki ikh funktsional'no-ekspluatatsionnogo naznacheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2019, № 4. S. 229...234.

22. Makarov A.G., Maksimov V.V., Kononov A.S., Kozlov A.A., Vagner V.I., Vasil'eva E.K. Komp'yuternoe modelirovanie i kachestvennyy analiz deformatsionno-relaksatsionnykh svoystv polimernykh materialov dlya parashyutostroeniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2019, № 5. S. 248...253.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации. Поступила 07.09.21.

УДК 66.01

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_212

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ С ЗАКРУТКОЙ ПОТОКА

MODELING AND ANALYSIS OF SPATIAL TWO-PHASE STREAMS WITH A SWINGED FLOW

A.S. БЕЛОУСОВ, Д.А. ОВСЯННИКОВ, В.Ю. АБРАМИН

A.S. BELOUSOV, D.A. OVSYANNIKOV, V.YU. ABRAMIN

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: as.belousov-2@yandex.ru

Проведен анализ новых возможностей вычислительной гидродинамики для задач текстильной экологии. Выявлены проблемы теории турбулентности для прикладных задач. Показана необходимость подбора модели турбулентности для аппаратов разной геометрии. На примере устройств с закруткой потока представлены различные способы пространственного анализа двухфазных течений. Предложены новые способы построения функций распределения времени пребывания частиц, позволяющие выявить особенности двухфазных течений с сильной закруткой в устройствах различного типа.

The analysis of new possibilities of computational fluid dynamics for aims of textile ecology was carried out. Some problems of the turbulence theory for applied purposes were established. The necessity of turbulence model selecting for a specific geometry devices was shown. Various methods of spatial analysis of two-phase flows were presented on the example of devices with swirling flow. New special functions for the distribution of the particle residence time in the apparatus were proposed, which made it possible to identify the features of two-phase flows with strong vorticity in various types of devices.

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, турбулентность, закрученные потоки, вихревые устройства, циклоны.

Keywords: computational fluid dynamics, turbulence, swirling flows, vortex devices, cyclones.

Цифровые технологии играют все большую роль в различных сферах развития России, в том числе и в текстильной промышленности [1]. Значительная часть экологических и технологических задач связана с расчетом пространственных движений воздуха с плотными частицами. Это может быть движение воздуха внутри промышленных зданий, но чаще это движение двухфазного потока в различных устройствах.

В последние 30 лет произошли значительные изменения в наборе инструментов для пространственных исследований – расчетных пакетах CFD (Computational Fluid Dynamics) [2]. Автоматизация и интерфейс пакетов возросли настолько, что ими стали широко пользоваться ученые в прикладных областях. Однако значительное расширение круга задач выявило недостаточность самих моделей турбулентности, заложенных в эти системы, особенно для расчета технологических характеристик устройств с двухфазными потоками [3...7]. Более детальное исследование проблемы [8...11] показало, что универсальную полуэмпирическую модель турбулентности, пригодную для произвольных геометрических объектов, процессов и устройств, до настоящего времени создать не удалось. Приходится проверять или дорабатывать какую-либо из классических моделей [3], или строить нестандартную модель турбулентности [11], учитывающую особенности данного класса течений.

Целью данной работы была демонстрация возможностей и разработка средств анализа пространственных течений на примере закрученных потоков, для которых удалось подобрать достаточно адекватные

модели. Закрученные потоки широко применяются в пылеуловителях, например, на стадиях первичной обработки сырья. Особый интерес представляют аппараты типа СЦН-40, в которых удалось реализовать сильную закрутку потоков. Такие циклоны могут улавливать тонкодисперсные пыли, которые характерны для последующих стадий технологических процессов [13]. Еще большая степень крутки реализуется в устройствах вихревого прядения прядильных машин серии MVS, что обеспечивает производительность до 400 м/мин [14], [15].

Рассмотрим обычную схему построения модели двухфазного течения с турбулентностью. При малой запыленности потока расстояние между твердыми частицами велико по сравнению с их размерами. В данном случае можно не учитывать влияния твердой фазы на газовую, то есть рассматривать так называемую Эйлеро-Лагранжеву модель одностороннего взаимодействия. В этом случае моделирование и расчет распадается на два этапа: сначала моделируется газовая фаза, а затем рассматривается движение частиц в полученном поле скоростей газа. Представим скорость и давление (V, P) в виде суммы осредненных (\bar{V}, \bar{P}) и пульсационных (V', P') величин: $V = \bar{V} + V'$, $P = \bar{P} + P'$. Используя принятый при исследовании турбулентных течений способ осреднения [3] из уравнений Навье-Стокса, получаем уравнения Рейнольдса, решение которых зависит от так называемых напряжений Рейнольдса. Для расчета напряжений Рейнольдса необходимо решить транспортные уравнения:

$$\rho \bar{V}_k \frac{\partial \overline{V_i' V_j'}}{\partial X_k} = -\rho \left(\overline{V_i' V_k'} \frac{\partial \bar{V}_j}{\partial X_k} + \bar{V}_j' \overline{V_k'} \frac{\partial \bar{V}_i}{\partial X_k} \right) + \overline{P' \left(\frac{\partial V_i'}{\partial X_j} + \frac{\partial V_j'}{\partial X_i} \right)} - \rho \frac{\partial}{\partial X_k} (\overline{V_i' V_j' V_k'}) - \left[\frac{\partial}{\partial X_i} (\overline{P' V_j'}) + \frac{\partial}{\partial X_j} (\overline{P' V_i'}) \right] + \mu \left(\overline{V_i' \frac{\partial^2 V_j'}{\partial X_k^2}} + \overline{V_j' \frac{\partial^2 V_i'}{\partial X_k^2}} \right). \quad (1)$$

Помимо шести компонентов тензора турбулентных напряжений σ_{ij} , уравнение (1) также содержит новые неизвестные, в частности, корреляционные моменты третьего порядка $\rho V_i' V_j' V_k'$, следовательно, для решения системы (1) необходимо вводить дополнительные гипотезы, модели и упрощения. Десятки существующих моделей турбулентности для системы (1), разработанные в последние 40 лет, пытались отразить различные характеристики течений, но, тем не менее, универсальная модель пока не создана.

В данной работе, используя вычислительный пакет ANSYS 2020/R2 ACAD-EMIC, удалось подобрать адекватную модель (в обозначениях системы ANSYS это модель – RSM/LPR) для течения с большой закруткой в циклоне СЦН-40. Расчетная сетка насчитывает около полумиллиона ячеек. Поскольку линий тока в пространственной задаче нет, то возникает нетривиальный вопрос: а как представить результаты? В данном случае, нас интересовала структура течений при сильной закрутке, поэтому были использованы возможности обработки векторного поля системы ANSYS. Строились осредненные и разреженные проекции векторов аксиальной скорости на заданное сечение, подбирались размеры и форма векторов, их цветовая палитра.

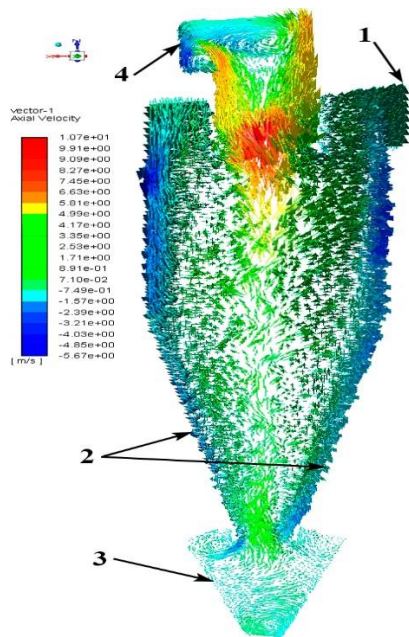


Рис. 1

На рис. 1 приведен построенный таким образом разрез поля скоростей газа в аппарате СЦН-40 (1 – вход потока; 2 – пристеночные слои газа, стекающие к бункеру; 3 – бункер; 4 – выход потока). Как видно в данной конструкции, сильная закрутка обеспечивает достаточно тонкие пристеночные слои, нисходящие к бункеру. Именно такая структура обеспечивает удерживание в пристеночном слое тонкодисперсных частиц и их удаление в бункер.

На рис. 2 показаны экспериментальные и теоретические данные по основной характеристике аппаратов – фракционной эффективности улавливания (ФЭУ) различных циклонов.

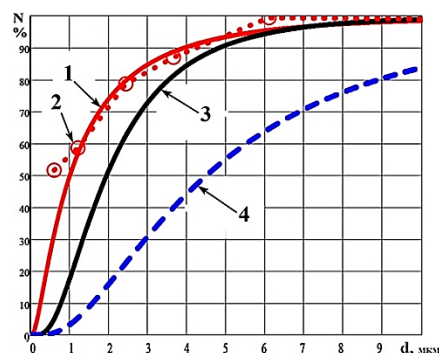


Рис. 2

На рис. 2 экспериментальные данные представлены в виде вероятностно-логарифмической функции (ВЛНР), где 1,3,4 соответственно характеристики циклонов СЦН-40, СКЦН-34 и ЦН-15; 2 – крупными точками показаны расчетные значения ФЭУ СЦН-40. Расчетные точки получены в результате имитационного моделирования движения частиц по уравнениям движения в турбулентном потоке:

$$\begin{cases} \frac{d\vec{r}_p}{dt} = \vec{V}_p \\ \frac{d\vec{V}_p}{dt} = \frac{3C_d\rho}{8\rho \cdot r_p} |\vec{V} - \vec{V}_p| (\vec{V} - \vec{V}_p) \end{cases} \quad (2)$$

где \vec{r}_p – вектор – координата частицы; \vec{V}_p – вектор скорости частицы; \vec{V} – вектор пульсационной скорости газа, которая представ-

лена в виде суммы осредненной скорости и пульсации: $V = \bar{V} + V'$. Частицы инжектировались на входе в аппарат, для построения одной точки обрабатывались около 1500 ансамблей реализаций траекторий.

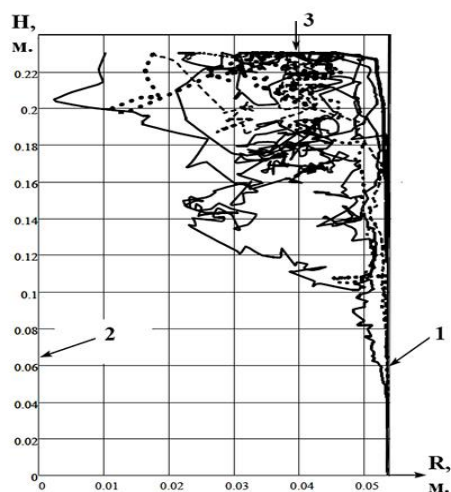


Рис. 3

На рис. 3, 4 анализируется непосредственно характер траекторий частиц в аппаратах с разной закруткой. На рис.3 представлена реализация 10 траекторий движения частиц в плоскости (z, r) , проходящей через ось аппарата, причем угловая координата этой плоскости равна угловой координате частицы. Здесь моделировался аппарат с нестандартной анизотропной моделью турбулентности [11], [12], опирающейся на гипотезу приосевой генерации турбулентности в вихревых потоках и показавшей хорошее совпадение с экспериментами. Результаты на рис. 3 получены для цилиндрического аппарата со средней степенью закрутки (1 – боковая стенка цилиндра; 2 – ось; 3 – вход частиц). В данном случае, при средней закрутке, модель (2) показывает, что для частиц размером 1 мкм унос в основном происходит из верхней части аппарата.

Более полную информацию о характере движения частиц можно получить, применив специальные функции распределения времени пребывания (РВП). В этом случае задача решается в 3 этапа: 1) – расчет поля скоростей газа; 2) – расчет и сохранение полных характеристик 1500-3000 траекто-

Как видно, аппроксимация расчетных точек достаточно хорошо совпадает с экспериментальной ФЭУ, что подтверждает высокую эффективность этого аппарата.

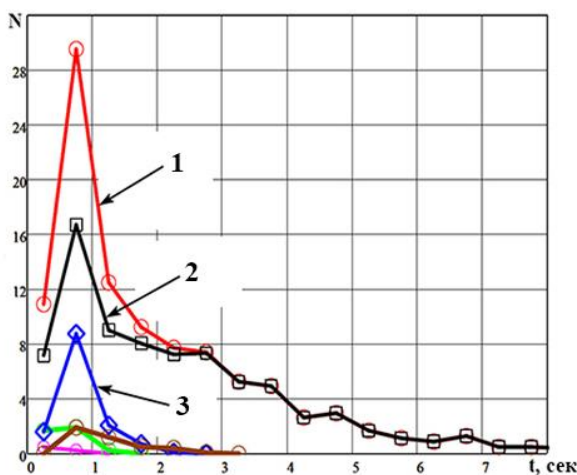


Рис. 4

рий частиц для каждой функции РВП; 3) – обработка ансамблей траекторий отдельным пакетом программ и расчет каждой спецфункции РВП. На рис. 4 представлены спецфункции РВП для частиц размером 1 мкм, выносимых из различных по высоте зон аппарата СЦН-40 (1 – суммарное РВП для всех областей; 2 – доля РВП частиц, прошедших через бункер; 3 – доля РВП частиц, унесенных из нижней половины конуса). Как видно, при сильной закрутке потока частицы двигаются в узком пограничном слое, практически не покидая его.

Следует ожидать, что в устройствах вихревого прядения (УВП) при еще более сильной закрутке потока волокна будут идти, плотно прижимаясь к стенке внешнего цилиндра. Затем, при переходе на шпиндель [14], [15] волокна будут сбрасывать сорные частицы и формироваться в прядильную нить.

ВЫВОДЫ

1. Показана необходимость специального подбора модели турбулентности для аппаратов разных геометрий в прикладных задачах.

2. Предложены методы моделирования и анализа двухфазных вихревых течений.

3. Установлено, что при сильной закрутке вихревого потока плотные частицы двигаются в узком пристеночном слое, практически до конца конуса.

4. Установленные свойства определяют наиболее высокую эффективность циклона СЦН-40 при очистке выбросов газозвесей, а также теоретически обосновывают некоторые закономерности двухфазного потока в устройствах вихревого прядения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нидзий Е.Н., Чугумбаев Р.Р. Аналитическое обоснование стратегии инновационных изменений предприятий легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 1. С.43...49.

2. Notes on Numerical Fluid Mechanics; 40 Years of Numerical Fluid Mechanics and Aerodynamics in Retrospect // Ed. E.H. Hirschel, E. Krause. – Springer-V. Berlin. 2009. 498 P.

3. Гарбарук А. В., Стрелец М. Х., Шур М. Л. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.

4. Hoffmann A.C., Stein L.E. Gas Cyclones and Swirl Tubes. – Berlin-Heidelberg-New York: Springer. 2008.

5. Souza F. J., Salvo R.V., Martins D.A.M. Large Eddy Simulation of the gas-particle flow in cyclone separators // Separation and Purification Technology. – V.94, 2012. P.61..70.

6. Sambasivam D., Bhattacharya A. K. Synthesis of CFD and Monte-Carlo simulations for improved design and operation of Dense Medium Cyclones //Computers & Fluids. – V. 96, 2014. P. 47..62.

7. G.Zhang, G.Chen, X.Yan. Evaluation and improvement of particle collection efficiency and pressure drop of cyclones by redistribution of dustbins// Chemical Engineering Research and Design. – V.139, 2018. №11. P.52..61.

8. Spalart P. R. Philosophies and fallacies in turbulence modeling. // Progress in Aerospace Sciences. – №74(1), 2015. P. 1..15.

9. Spalart P. R. Editorial: RANS modeling into a second century. //Special issue of International J. of CFD. – V.23, 2009. №4. P.291..293.

10. Piomelli U., Balaras E. Wall-layer models for large-eddy simulations. //Annual Rev. Fluid Mech. – V.34? 2002. P. 349..374.

11. Белоусов А.С., Сажин Б.С. Поля скоростей в вихревых аппаратах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 2. С.100..105.

12. Белоусов А.С., Сажин Б.С. Структура потоков в вихревых устройствах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 5. С.98..103.

13. Халезов Л.С., Шиков Ю.А., Чесноков А.Г. Очистка запыленного воздуха на текстильных предприятиях. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.

14. Basal G., Oxenham W. Vortex Spun Yarns vs. Air-Jet Spun Yarn//AUTEX Research Journal. – V.3, №3, 2003. P. 96..101.

15. Oxenham W. Current and Future Trend in Yarn Production//Journal of Textile and Apparel Technology and Management. – V.2, №2, 2002. P.1..10.

REFERENCES

1. Nidziy E.N., Chugumbaev R.R. Analiticheskoe obosnovanie strategii innovatsionnykh izmeneniy predpriyatiy legkoy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №1. S.43...49.

2. Notes on Numerical Fluid Mechanics; 40 Years of Numerical Fluid Mechanics and Aerodynamics in Retrospect // Ed. E.H. Hirschel, E. Krause. – Springer-V. Berlin. 2009. 498 P.

3. Garbaruk A. V., Strelets M. Kh., Shur M. L. Modelirovanie turbulentsnosti v raschetakh slozhnykh techeniy. – SPb.: Izd-vo Politekh. un-ta, 2012.

4. Hoffmann A.C., Stein L.E. Gas Cyclones and Swirl Tubes. – Berlin-Heidelberg-New York: Springer. 2008.

5. Souza F. J., Salvo R.V., Martins D.A.M. Large Eddy Simulation of the gas-particle flow in cyclone separators // Separation and Purification Technology. – V.94, 2012. P.61..70.

6. Sambasivam D., Bhattacharya A. K. Synthesis of CFD and Monte-Carlo simulations for improved design and operation of Dense Medium Cyclones //Computers & Fluids. – V. 96, 2014. P. 47..62.

7. G.Zhang, G.Chen, X.Yan. Evaluation and improvement of particle collection efficiency and pressure drop of cyclones by redistribution of dustbins // Chemical Engineering Research and Design. – V.139, 2018. №11. P.52..61.

8. Spalart P. R. Philosophies and fallacies in turbulence modeling. // Progress in Aerospace Sciences. – №74(1), 2015. P. 1..15.

9. Spalart P. R. Editorial: RANS modeling into a second century. //Special issue of International J. of CFD. – V.23, 2009. №4. P.291..293.

10. Piomelli U., Balaras E. Wall-layer models for large-eddy simulations. //Annual Rev. Fluid Mech. – V.34? 2002. P. 349..374.

11. Belousov A.S., Sazhin B.S. Polya skorostey v vikhrevykh apparatakh // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, № 2. S.100..105.

12. Belousov A.S., Sazhin B.S. Struktura potokov v vikhrevykh ustroystvakh // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, № 5. S.98..103.

13. Khalezov L.S., Shikov Yu.A., Chesnokov A.G. Ochistka zapylennogo vozdukha na tekstil'nykh predpriyatiyakh. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1981.

14. Basal G., Oxenham W. Vortex Spun Yarns vs. Air-Jet Spun Yarn//AUTEX Research Journal. – V.3, №3, 2003. P. 96..101.

15. Oxenham W. Current and Future Trend in Yarn Production//Journal of Textile and Apparel Technology and Management. – V.2, №2, 2002. P.1..10.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 20.09.21.

УДК 677.076.4

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_217

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕТКАНОГО ГЕОТЕКСТИЛЯ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF NONWOVEN GEOTEXTILES FOR STRENGTHENING THE SLOPES OF THE SUBGRADE

Н.А. КОРОЛЕВА, Т.И. ПОЛЯКОВА, Е.В. ГРЯЗНОВА, С.А. ГОЛАЙДО

N.A. KOROLEVA, T.I. POLYAKOVA, E.V. GRYAZNOVA, S.A. GOLAJDO

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: koroleva-na@rguk.ru; polyakova-ti@rguk.ru; gryaznova-ev@rguk.ru; golajdo-sa@rguk.ru

Цель исследования заключается в проектировании нетканого геотекстиля для укрепления откосов земляного полотна с оптимальными параметрами разрывных характеристик.

Задачи исследования: изучить виды защитных конструкций, используемых для укрепления земляного полотна; рассмотреть последовательность укладки материалов при укреплении откосов с помощью объемных георешеток; предложить полотно, которое может быть использовано в данной конструкции в качестве геотекстиля; спланировать и провести эксперимент по определению механических свойств (разрывная нагрузка по длине и ширине полотна, разрывное удлинение по длине и ширине полотна) иглопробивного нетканого материала; выполнить обработку результатов эксперимента и получить математические модели четырех параметров механических свойств; проанализировать методы многокритериальной оптимизации; провести многокритериальную оптимизацию параметров нетканого геотекстиля; дать рекомендации по производству нетканого геотекстиля с оптимальными разрывными характеристиками.

В исследовании применен метод многокритериальной оптимизации с помощью комплексного показателя эффективности; эксперимент проводился по матрице планирования КОНО-2.

В результате определены оптимальные параметры нетканого геотекстиля: разрывная нагрузка по длине полотна 849,9 Н, по ширине полотна – 286,9 Н, разрывное удлинение по длине полотна 104,5 %, по ширине полотна – 178,6 % при поверхностной плотности 250 г/м² и числе проколов 196 см⁻².

The purpose of the study is to design a nonwoven geotextile for strengthening the slopes of the subgrade with optimal parameters of breaking characteristics.

Research objectives: to study the types of protective structures used to strengthen the subgrade; consider the sequence of laying materials when strengthening slopes using volumetric geogrids; offer a canvas that can be used in this design as a geotextile; plan and conduct an experiment to determine the mechanical properties (breaking load along the length and width of the web, breaking elongation along the length and width of the web) of a needle-punched nonwoven fabric; to process the results of the experiment and obtain mathematical models of four parameters of mechanical properties; consider methods of multi-criteria optimization; to carry out multi-criteria optimization of the parameters of nonwoven geotextile; give recommendations for the production of non-woven geotextiles with optimal breaking characteristics.

In the study the method of multi-criteria optimization with a complex performance indicator was used; the experiment was carried out according to the planning matrix KONO-2.

As a result, the optimal parameters of nonwoven geotextile were determined: breaking load along the length of the cloth 849,9 N, along the width of the cloth – 286,9 N, breaking elongation along the length of the cloth 104,5%, along the width of the cloth – 178,6% at a surface density of 250 g/m² and the number of punctures 196 cm².

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, комплексный показатель, регрессионная модель, нетканые материалы, геотекстиль.

Keywords: multi-criteria optimization, complex indicator, regression model, nonwovens, geotextile.

Защитные конструкции, используемые для укрепления земляного полотна, могут быть разных видов:

- решетчатые, сборные, облегченные, с заполнением ячеек растительным грунтом;
- конструкции из объемных георешеток с заполнением ячеек растительным грунтом;
- термозащитные слои;
- конструкции из набрызг-бетона по металлической сетке [1].

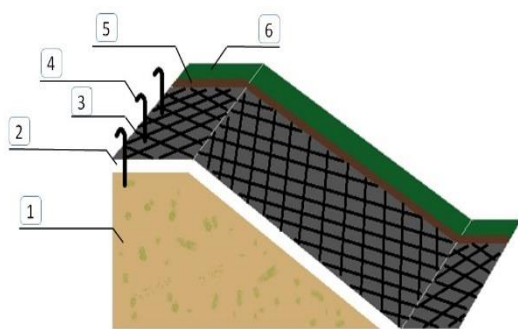


Рис. 1

Один из таких видов формируют следующим образом (рис. 1 – схема укладки материалов при укреплении откосов): на выровненную поверхность 1 укладывают геотекстиль 2, затем размещают объемную георешетку 3. Крепление георешетки к склону и между собой производится с помощью анкеров 4. Далее ячейки георешетки засыпают растительным грунтом 5, поверх которого сеют газон 6 [2].

Для использования в качестве геотекстильных полотен подходят нетканые иглопробивные материалы, так как они обладают требуемыми разрывными характеристиками. Кроме того, в отличие от тканых полотен такой способ производства позволяет сократить технологический цикл за счет использования волокон без выработки пряжи, что приводит к уменьшению себестоимости материала.

Для проведения оптимизации были выработаны образцы полотна и проведены испытания этих образцов на разрывной машине [3]. В

качестве факторов были выбраны поверхностная плотность полотна (x_1) и число проколов (x_2). В табл. 1 представлены натуральные и кодированные значения факто-

ров. Для проведения эксперимента была использована матрица планирования КОНО-2 [4], [5].

Т а б л и ц а 1

Условия проведения эксперимента	Натуральные значения факторов		Кодированные значения факторов	
	$X_1, \text{г/м}^2$	$X_2, \text{см}^2$	x_1	x_2
Интервал варьирования фактора	100	100	1	1
Верхний уровень фактора	350	300	+1	+1
Основной уровень фактора	250	200	0	0
Нижний уровень фактора	150	100	-1	-1

В табл. 2 приведены средние значения параметров, определенных на разрывной машине РТ-250: разрывная нагрузка по

длине \bar{P}_L и ширине \bar{P}_B полотна; разрывное удлинение нетканого материала по длине $\bar{\epsilon}_L$ и ширине $\bar{\epsilon}_B$ полотна [6].

Т а б л и ц а 2

Номер опыта	x_1	x_2	$\bar{P}_L, \text{Н}$	$\bar{P}_B, \text{Н}$	$\bar{\epsilon}_L, \%$	$\bar{\epsilon}_B, \%$
1	-	-	334,3	35,3	103,7	149,7
2	+	-	918,0	206,0	93,0	174,7
3	-	+	351,7	119,7	101,0	118,0
4	+	+	929,3	428,7	87,0	139,7
5	-	0	342,3	110,3	112,7	150,0
6	+	0	920,3	353,7	96,0	167,3
7	0	-	730,0	118,0	98,3	185,3
8	0	+	741,7	268,0	83,7	154,0
9	0	0	733,7	227,7	115,0	174,0

В итоге обработки результатов эксперимента получены регрессионные модели с

кодированными значениями факторов для четырех критериев.

1. Разрывная нагрузка по длине полотна

$$P_L = 733,74 + 283,89x_1 + 6,72x_2 - 102,44x_1^2 + 2,06x_2^2 - 1,5x_1x_2.$$

2. Разрывная нагрузка по ширине полотна:

$$P_B = 229,19 + 117,39x_1 + 56,11x_2 + 3,72x_1^2 - 21,11x_2^2 - 10,50x_1x_2.$$

3. Разрывное удлинение по длине полотна:

$$\epsilon_L = 107,96 - 6,89x_1 - 13,44x_2^2.$$

4. Разрывное удлинение по ширине полотна:

$$\epsilon_B = 177,93 + 10,67x_1 - 16,33x_2 - 21,22x_1^2 - 10,22x_2^2.$$

Подбор оптимальных параметров нетканого полотна в данном случае приводит к

многокритериальной задаче, так как необходимо выполнить требования к материалу

по нескольким разрывным характеристикам.

Методы решения многокритериальных задач можно разделить на две группы. В первой группе многокритериальная задача тем или иным способом преобразуется в одну или несколько однокритериальных задач. Во второй группе осуществляется построение множества компромиссных решений непосредственно многокритериальной задачи [7...9].

Построение комплексного показателя эффективности предполагает объединение всех частных показателей, что позволяет преобразовать многокритериальную оптимизационную задачу в однокритериальную. Объединение критериев в комплексный показатель осуществляется с помощью формулы [6]:

$$F_c(X) = \sum_{i=1}^k c_j F_j(X), \quad (1)$$

где c_j – весовые коэффициенты, знак которых зависит от совпадения целей оптимизации частных показателей эффективности с комплексным (при совпадении целей знак положительный, при несовпадении – отрицательный); $F_j(X)$ – частный показатель.

Коэффициенты c_j безразмерны, для решаемой задачи приняты равнозначные значения коэффициентов для всех частных показателей, то есть $c_j = 0,25$.

В нашем случае частные показатели эффективности (нагрузка и удлинение) имеют различную размерность. Поэтому для со-

ставления функции, характеризующей комплексный показатель, необходимо перейти к безразмерной форме $F_j(X)$, то есть к $\psi_j(X)$.

Если известны минимальные F_{jmin} и максимальные F_{jmax} значения частных показателей эффективности, то преобразование в безразмерную форму осуществляется по формуле [10]:

$$\psi_j(X) = \frac{[F_j(X) - F_{jmin}]}{[F_{jmax} - F_{jmin}]}. \quad (2)$$

С учетом выражения (2) формула комплексного показателя (1) примет вид:

$$F_c(X) = \sum_{i=1}^k c_j \psi_j(X). \quad (3)$$

Так как для каждого критерия получена регрессионная модель, то для всех частных показателей можно определить максимальное и минимальное значение. Выполним оптимизацию полученных моделей для всех критериев с учетом двухсторонних ограничений:

$$\begin{aligned} -1 &\leq x_1 \leq 1, \\ -1 &\leq x_2 \leq 1. \end{aligned}$$

Расчеты проведены в среде MathCAD с помощью функций Maximize и Minimize. В табл. 3 приведены максимальные и минимальные значения функций для всех частных показателей.

Т а б л и ц а 3

Вид функции (показателя)	Минимальное значение функции F_{jmin}	Кодированные значения факторов для F_{jmin}		Максимальное значение функции F_{jmax}	Кодированные значения факторов для F_{jmax}	
		x_1	x_2		x_1	x_2
P_L	341,3	-1	-1	922,5	1	1
P_B	27,8	-1	-1	374,8	1	1
ε_L	101,1	1	0	114,8	-1	0
ε_B	119,5	-1	1	185,8	0,25	-0,80

Далее перейдем к безразмерной форме

частных показателей.

- 1.
2. Разрывная нагрузка по длине полотна:

$$\psi_1(X) = 0,675 + 0,488x_1 + 0,012x_2 - 0,176x_1^2 + 0,004x_2^2 - 0,003x_1x_2.$$

3. Разрывная нагрузка по ширине полотна:

$$\psi_2(X) = 0,580 + 0,338x_1 + 0,162x_2 + 0,110x_1^2 - 0,061x_2^2 - 0,031x_1x_2.$$

4. Разрывное удлинение по длине полотна:

$$\psi_3(X) = 0,501 - 0,503x_1 - 0,981x_2^2.$$

5. Разрывное удлинение по ширине полотна:

$$\psi_4(X) = 0,881 + 0,161x_1 - 0,246x_2 - 0,320x_1^2 - 0,154x_2^2.$$

В соответствии с формулой (3) и значениями коэффициентов c_j комплексный показатель примет вид:

$$F_c(X) = 0,659 + 0,121x_1 - 0,018x_2 - 0,121x_1^2 - 0,298x_2^2 - 0,008x_1x_2$$

```

Given
Ограничения
-1 ≤ x1 ≤ 1
-1 ≤ x2 ≤ 1
xmax := Maximize(F, x1, x2)
Точка оптимума
xmax = ( 0.5
        -0.038 )
PL(xmax_0, xmax_1) = 849.934
Pb(xmax_0, xmax_1) = 286.928
EL(xmax_0, xmax_1) = 104.493
Eb(xmax_0, xmax_1) = 178.554
    
```

Рис. 2

Для полученной функции проведем условную оптимизацию при наличии двусторонних ограничений $-1 \leq x_1 \leq 1$, $-1 \leq x_2 \leq 1$. На рис. 2 приведен порядок решения задачи с помощью функции Maximize в среде MathCAD. В результате максимизации комплексного показателя получены кодированные значения факторов $x_1 = 0,500$, $x_2 = -0,038$. Графическое представление функции комплексного показателя и его оптимума приведено на рис. 3 в виде линий равного уровня.

По табл. 1 определим, что поверхностная плотность полотна должна быть равна 250 г/м^2 , а число проколов – 196 см^{-2} . При таких факторах иглопробивное полотно будет обладать оптимальными характеристиками по четырем критериям: $P_L = 849,9 \text{ Н}$, $P_B = 286,9 \text{ Н}$, $\varepsilon_L = 104,5 \%$, $\varepsilon_B = 178,6 \%$.

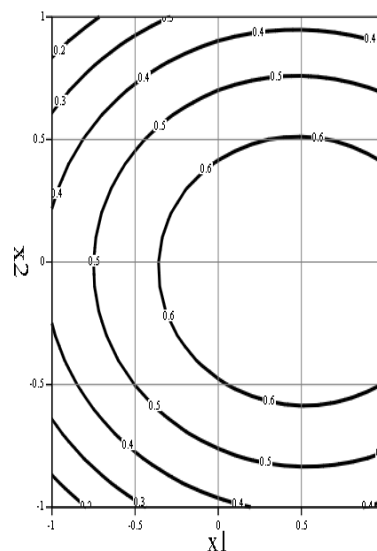


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Результаты работы показывают возможность использования методов многокритериальной оптимизации для исследования текстильных процессов.

Рассмотренный метод с использованием комплексного безразмерного показателя позволил найти значения факторов, при которых нетканый геотекстиль будет обладать требуемыми эксплуатационными свойствами по всем четырем показателям разрывных характеристик.

1. СТО НОСТРОЙ 2.25.24–2011. Строительство земляного полотна для автомобильных дорог. Часть 2. Работы отделочные и укрепительные при возведении земляного полотна. – М.: Национальное объединение строителей; НП «МОД «Союздорстрой», 2012. С. 9...10.

2. Королева Н.А., Лукашина Л.С. Оптимизация механических свойств иглопробивного нетканого материала для укрепления откосов земляного полотна // Сб. научн. тр. Всерос. круглого стола с международным участием: Проблемы текстильной отрасли и пути их решения (22 декабря 2020 г.). – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2021. С. 109...114.

3. ГОСТ 15902.3–79. Полотна нетканые. Методы определения прочности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1979.

4. Юхин С.С., Назарова М.В., Бойко С.Ю., Фелелова Т.Л. Исследование технологического процесса выработки двухслойной ткани, обладающей максимальной прочностью на раздирание // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности – 2019, № 4. С. 13...17.

5. Юхин С.С., Назарова М.В., Бойко С.Ю., Романов В.Ю. Математическое моделирование процесса получения тканых материалов, используемых для изготовления композитов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности – 2017, № 3. С.136...140.

6. Королева Н.А., Лукашина Л.С. Автоматизированный анализ свойств нетканого геотекстиля для укрепления откосов земляного полотна // Сб. мат. Всерос. научн. конф. молодых исследователей с Междунар. участием: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности. Часть 1. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2021. С. 161...164.

7. Wan S., Dong J., Chen S.-M. Fuzzy best-worst method based on generalized interval-valued trapezoidal fuzzy numbers for multi-criteria decision-making // Information Sciences. – 2021, 573. P. 493...518.

8. Noskov S.I. Compromise Pareto Estimates of Linear Regression Parameters // Mathematical Models and Computer Simulations – 2021, 1(4). P. 586...590.

9. Tavčar J., Cerne B., Duhovnik J., Zorko D. A multicriteria function for polymer gear design optimization. // Journal of Computational Design and Engineering – 2021, 8(2). P. 581...599.

10. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

1. СТО НОСТРОЙ 2.25.24–2011. Stroitel'stvo zemlyanogo polotna dlya avtomobil'nykh dorog. Chast' 2. Raboty otdelochnye i ukrepitel'nye pri vozvedenii zemlyanogo polotna. – М.: Natsional'noe ob"edinenie stroiteley; NP «MOD «Soyuzdorstroy», 2012. S. 9...10.

2. Koroleva N.A., Lukashina L.S. Optimizatsiya mekhanicheskikh svoystv igloprobivnogo netkanogo materiala dlya ukrepleniya otkosov zemlyanogo polotna // Sb. nauchn. tr. Vseros. kruglogo stola s mezhdunarodnym uchastiem: Problemy tekstil'noy otrasli i puti ikh resheniya (22 dekabrya 2020 g.). – М.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2021. S. 109...114.

3. GOST 15902.3–79. Polotna netkanye. Metody opredeleniya prochnosti. – М.: IPK Izdatel'stvo standartov, 1979.

4. Yukhin S.S., Nazarova M.V., Boyko S.Yu., Felvelova T.L. Issledovanie tekhnologicheskogo pro-tsessa vyrabotki dvukhsloynoy tkani, obladayushchey maksimal'noy prochnost'yu na razdiranie // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2019, № 4. S. 13...17.

5. Yukhin S.S., Nazarova M.V., Boyko S.Yu., Romanov V.Yu. Matematicheskoe modelirovanie protsessa polucheniya tkanykh materialov, ispol'zuemykh dlya izgotovleniya kompozitov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 3. S.136...140.

6. Koroleva N.A., Lukashina L.S. Avtomatizirovanny analiz svoystv netkanogo geotekstilya dlya ukrepleniya otkosov zemlyanogo polotna // Sb. mat. Vseros. nauchn. konf. molodykh issledovateley s Mezhdunar. uchastiem: Innovatsionnoe razvitie tekhniki i tekhnologiy v promyshlennosti. Chast' 1. – М.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2021. S. 161...164.

7. Wan S., Dong J., Chen S.-M. Fuzzy best-worst method based on generalized interval-valued trapezoidal fuzzy numbers for multi-criteria decision-making // Information Sciences. – 2021, 573. P. 493...518.

8. Noskov S.I. Compromise Pareto Estimates of Linear Regression Parameters // Mathematical Models and Computer Simulations – 2021, 1(4). P. 586...590.

9. Tavčar J., Cerne B., Duhovnik J., Zorko D. A multicriteria function for polymer gear design optimization. // Journal of Computational Design and Engineering – 2021, 8(2). P. 581...599.

10. Sevost'yanov A.G., Sevost'yanov P.A. Optimi-zatsiya mekhaniko-tekhnologicheskikh protsessov tekstil'noy promyshlennosti. – М.: Legprombytizdat, 1991.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 20.09.21.

**К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЦЕССОМ ПРОПИТКИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**

**TO THE SUBJECT OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
CREATION OF THE PERIODIC ACTION IMPREGNATION PROCESS**

Ю.С. КОМБАРОВ, Е.А. РЫЖКОВА

YU.S. KOMBAROV, E.A. RYZHKOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: anel65@mail.ru

Рассмотрен технологический процесс пропитки ткани гидрофобными растворами, указаны особенности и проблемы управления этим процессом, представлена функциональная схема многоконтурного управления процессом пропитки и сушки. Рассмотрены принципиальные отличия пропитки в процессе непрерывного производства и при технологическом процессе периодического действия. Анализ технологического процесса пропитки-сушки позволил разработать концепцию пропиточной камеры периодического действия для пропитки края и небольших отрезков ткани. Представленная функциональная схема системы управления позволит получить математическую модель системы управления, исследовать ее и разработать прототип камеры. В статье обосновывается необходимость создания системы автоматического управления процессом пропитки при периодическом протекании процесса. Предлагается структура такой системы и приводится ее функциональная схема, на которой показана расстановка датчиков и размещения оборудования с учетом включения в технологический процесс теплового удара.

The technological process of fabric impregnation with hydrophobic solutions is considered, the features and problems of controlling this process are indicated, a functional scheme of multi-circuit control of the impregnation and drying process is presented. The fundamental differences of impregnation in the process of continuous production and in the technological process of periodic action are taken into consideration. The analysis of the impregnation-drying technological process allowed us to develop the concept of a periodic impregnation chamber for cut and small pieces of fabric impregnation. The presented functional scheme of the control system will allow to obtain a mathematical model of the control system, investigate it and develop a prototype of the chamber. The article substantiates the need to create a system for automatic control of the impregnation process during the periodic course of the process. The structure of the system is proposed and its functional diagram is given, which shows the arrangement of sensors and the placement of equipment, taking into account the heat stroke.

Ключевые слова: пропитка ткани, сушильная камера, ИК-нагреватели, функциональная схема.

Keywords: fabric impregnation, drying chamber, infrared heaters, functional diagram.

Производство текстиля состоит из двух очень непохожих по своей сути стадий: механической и химической. На первой, механической технологической фазе осуществляется производство пряжи (прядение) из природных или химических волокон, из которой затем изготавливаются ткани (ткачество). Практически никаких химических превращений с волокнами, пряжей и тканью на этой стадии не происходит. Связь с химией состоит лишь в том, что все текстильные волокна (природные, химические) являются разнообразными полимерами с определенным химическим строением и физической структурой. И чтобы придать этим волокнам, пряже или уже конечному продукту – ткани заданные свойства, определяющие ее качество, необходима вторая стадия – химическая.

Пропитка ткани является заключительным этапом обработки ткани перед ее дальнейшим использованием в производстве. Существует большое количество разнообразных по своим физическим свойствам пропиток.

Водоотталкивающей отделке в текстильной промышленности подвергают плащевые, одежные и зонтичные ткани. Пропиточные вещества, применяемые для гидрофобизирующей отделки, по принципу действия можно разделить на две группы.

1. Вещества, не вступающие в реакцию с волокном, но препятствующие смачиванию ткани водой или затрудняющие проникновение влаги внутрь волокна. После нанесения на поверхность волокна они образуют тонкие пленки, не смачиваемые водой.

2. Вещества, образующие при взаимодействии с волокном гидрофобные соединения за счет блокирования гидрофильных его групп, вследствие чего волокно приобретает водоотталкивающие свойства, или вещества, способные образовать на волокне нерастворимые гидрофобные соединения.

При нанесении на ткань водоотталкивающей пропитки на основе препаратов обеих групп, в отличие от прорезинивания и подобных способов обработки, поры тканей остаются открытыми и гигиенические свойства их полностью сохраняются.

Процесс гидрофобизирующей отделки включает пропитку ткани аппретирующим раствором на плюсовке с последующей сушкой на сушильно-ширильной усадочной машине.

Сушку оплюсованной ткани рекомендуется проводить при температуре 100...110°C. В этих условиях идет процесс полимеризации хромолана с образованием гидрофобной пленки на волокне.

В табл. 1 приведено оборудование и параметры технологического процесса, необходимые для построения системы автоматического управления процессом пропитки тканей.

В области автоматического управления для пропитки ткани существует большое количество готовых решений, но все они рассчитаны на непрерывное производство. На производстве ткань обычно пропитывается на поточной линии в виде больших намоток (рулонов), и пропитка происходит непрерывно.

Но в настоящее время все чаще используется мелкосерийное производство, а в отдельных случаях и индивидуальное, при этом пропитки рассчитаны на конкретную модель или даже на конкретное изделие. В этом случае использование поточной линии для пропитки не рационально, а часто и невозможно. Поэтому встает задача разработки системы управления для реализации пропитки на аппаратах периодического действия, где могла бы осуществляться пропитка как отдельных отрезков ткани, так и кроя перед пошивом.

В процессе пропитки необходимо производить ее закрепление на изделии. Закрепление производится путем резкого теплового удара.

Для пропитки отрезков ткани или кроя предлагается разработать автоматизированную систему, состоящую из двух контуров управления: контур пропитки материала и контур сушки и закрепления, объединенную общим механизмом, позволяющим опустить ткань в ванну для пропитки, а затем поднять ее в сушильный отсек, где осуществляется как процесс сушки, так и процесс закрепления.

Т а б л и ц а 1

Технологические операции и их последовательность	Состав пропиточных ванн, г/л	Параметры процесса	Оборудование, на котором проводится обработка
Отделка плащевых и зонтичных тканей из вискозного и капронового волокна			
Пропитка	Для вискозных тканей: хромолан, 20...40 уротропин, 6...13% (от веса хромолана) Для капроновых тканей хромолан, 30...60 уротропин, 6...13% (от веса хромолана)	Температура раствора 20...25°С	Плюсовка агрегированная с сушильно-ширильной усадочной машиной Или последняя промывная ванна на роликовой красильной машине с последующей сушкой на сушильно-ширильной усадочной машине
Отжим	-	80...90%	
Сушка	-	Температура до 110°С	Работа с хромоланом требует оборудования с антикоррозийным покрытием
Отделка пальтовых и плащевых тканей из вискозного волокна			
Пропитка	Препарат 246Н, 30...70 или препарат 101, 10, уксуснокислый натрий, 5% от веса препаратов	Температура рабочего раствора 40° С	Плюсовка, агрегированная с сушильно-ширильной усадочной машиной
Отжим	-	80...90%	
Сушка ткани Тепловая обработка	-	Температура 80...90°С Температура 140...160°С, длительность 5...6 мин	То же Термическая камера
Промывка	Сода кальцинированная, 1	Температура 40...45° С	Промывной аппарат или красильная роликовая машина
Сушка и отделка		Температура 90...110°С	Сушильно-ширильная усадочная машина
Одновременная противосминаемая и водоотталкивающая отделки плащевых, пальтовых и платьечно-костюмных тканей из вискозного волокна			
Пропитка	Карбамол, 150...200, метазин 10...20, препарат 246Н, 30...50 хлористый аммоний, 5	Температура рабочего раствора 20...25° С	Плюсовка в агрегате для специальных видов отделки или агрегированная с сушильно-ширильной усадочной машиной
Отжим	-	До влагосодержания 80...95%	То же
Сушка	-	Температура 80...90° С	Сушильная машина агрегата или сушильно-ширильная усадочная машина
Тепловая обработка	-	Температура 145... 50° С, длительность 3... 5 мин или температура 170...180° С, длительность 60...90 с	Термическая камера или термостабилизационная машина
Лежка в ролике	-	24 ч	
Промывка	2...3 коробки 0,25...0,5 Сода кальцинированная, 4...6 коробки – вода теплая и холодная	Температура 40...45° С	Промывной аппарат агрегата или проходной многоящичный промывной аппарат
Сушка и отделка	-	Температура 90...110° С	Сушильно-ширильная усадочная машина или сушильная машина агрегата

В процессе пропитки необходимо управлять несколькими параметрами технологического процесса, такими как концентрация и температура пропитывающего раствора, уровень раствора в емкости для пропитки, равномерность подачи материала в раствор.

В процессе сушки и закрепления также присутствует несколько важных параметров, таких как необходимая влажность материала после сушки, температура и время сушки изделия, для закрепления пропитки на материале необходимо на определенное характеристиками материала время задавать температуру необходимой величины.

Система автоматического управления устроена в виде сушильного шкафа, разделенного на две части.

В нижней части шкафа осуществляется пропитка материала. Она осуществляется путем закрепления материала на фиксирующей рамке и последующем опускании материала в раствор. Уровень и концентрация пропитки регулируются путем прямой подачи раствора в ванну, излишки раствора будут сливаться в резервуар под ней, после чего снова подаваться в ванну. Температуру раствора предлагается регулировать при помощи термодатчика и электронагревательного элемента.

После пропитки материал снова проходит через прижимные валы, которые отжимают излишки раствора на изделии. Данные валы осуществляют контроль равномерной концентрации раствора на изделии.

После отжимки изделие попадает в верхнюю часть шкафа, в которой производится сначала сушка материала либо конвективным путем, либо с помощью ИК-нагревания. Перед сушкой материала отсек шкафа с ванной герметично закрывается от сушилки, для того чтобы избежать повышения температуры раствора и его испарения. После этого с помощью того же устройства, что и для сушки, производится закрепление пропитки на материале путем резкого повышения температуры на определенное время. После закрепления изделие извлекается из шкафа и является готовым к дальнейшему применению.

На рис. 1 представлена функциональная схема пропиточной камеры, реализующей кроме пропитки также процесс сушки и закрепления.

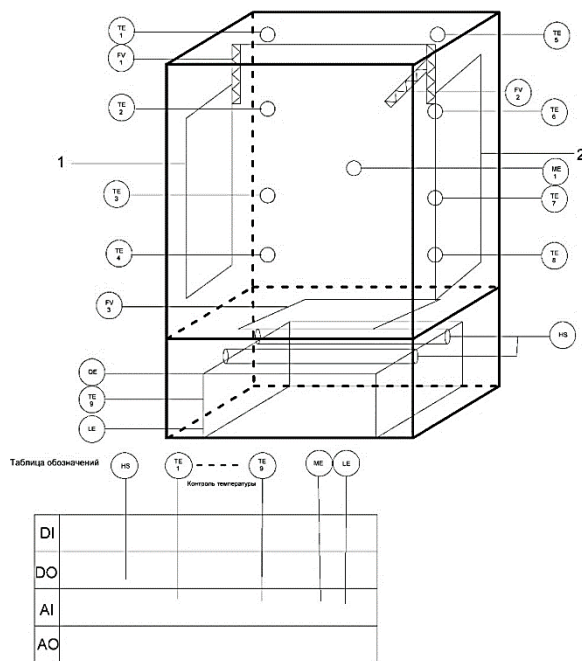


Рис. 1

На функциональной схеме изображены: 1,2 – инфракрасные нагреватели; TE1-TE9 – датчики температуры; ME – датчик влажности; QE – контроль концентрации; LE – датчик уровня, HS – ручное управление отжимными валами, FV – управление приводами подвесной рамки.

В пропиточной ванне необходимо контролировать температуру, концентрацию, и также поддерживать заданный объем раствора. Для простоты управления данный процесс можно реализовать путем установки второй ванны по системе ванна в ванне, что приведет к тому, что при переливании раствора он будет попадать во вторую ванну, из которой будет подаваться насосом обратно. Данный метод также позволит контролировать концентрацию раствора, которая будет изменяться ввиду того, что часть раствора будет оставаться в волокнах ткани при ее извлечении из ванны для дальнейшей сушки.

В верхней части камеры осуществляются сушка и закрепление пропитки на

ткани. Перемещение ткани по камере осуществляется с помощью двигателей по направляющим.

Для начала ткань подвешивается на креплениях в камере, ванна с пропиточным раствором наполняется необходимым объемом раствора для пропитки. После этого камера закрывается, раствор в ванной начинает нагреваться до необходимой температуры. Затем открывается перегородка, разделяющая сушильную камеру и пропиточную ванну. Ткань равномерно опускается в раствор и пропитывается.

На следующем этапе технологического процесса ткань поднимается в сушильную камеру через отжимные валы, необходимые для снятия излишков раствора с ткани. После окончательного подъема ткани из ванны разделяющая ванну и сушильную камеру перегородка закрывается, для того чтобы в процессе сушки впустую не испарять раствор. После полного закрытия перегородки начинается процесс сушки.

В процессе сушки ткань сначала сушится путем конвективного нагревания. Сушка производится до необходимых показателей влажности и при заданной температуре. После сушки начинается закрепление раствора на ткани тепловым ударом. Для этого в камере включаются ИК-нагреватели, обеспечивающие повышение температуры до заданной по техническому заданию. Раствор закрепляется на ткани, после чего нагреватели выключаются. Технологический процесс периодического действия на этом заканчивается.

ИК-нагреватели необходимо изолировать от сушильной камеры, ввиду того что они не предназначены для постоянной работы в среде с высокой температурой.

Процесс пропитки необходимо производить равномерно, для того чтобы раствор был равномерно распределен на всем протяжении ткани. Если не использовать отжимные валы, то в нижней части ткани концентрация раствора будет выше.

Также невозможно использовать только конвективный метод сушки ввиду того, что он обладает высокой инерционностью для данного процесса и является практически

невозможным резкое повышение температуры до уровня закрепления.

Для измерения температуры предлагается использовать датчик NTC номиналом 5 кОм. Он является недорогим решением, отлично подходящим к технологическим характеристикам процесса (температура в пределах +18 ...+150°C). Датчик влажности должен подходить по температурным режимам. Двигатели необходимо подбирать из расчета веса пропитанной ткани (с запасом должно выходить ~50 кг).

ВЫВОДЫ

Анализ технологического процесса пропитки-сушки позволил разработать концепцию пропиточной камеры периодического действия для пропитки кроя и небольших отрезков ткани. Представленная функциональная схема системы управления позволит получить математическую модель системы управления, исследовать ее и разработать прототип камеры.

В статье обосновывается необходимость создания системы автоматического управления процессом пропитки при периодическом протекании процесса.

Предлагается структура такой системы и приводится ее функциональная схема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комбаров Ю.С., Рыжкова Е.А. Разработка сушильной камеры для тканевых отрезков // Сб. научн. тр. кафедры автоматики и промышленной электроники. – М., 2021. С. 29...31
2. Комбаров Ю.С., Рыжкова Е.А. Сравнение методов нагревания текстильных материалов при периодической сушке ткани в процессе пропитки // Сб. мат. Междунар. научн.-технич. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020). – 2020. С.239...241.
3. Рыжкова Е.А., Кузнецов С.С., Комбаров Ю.С. Получение передаточной функции пароперегревателя в системе управления температурой в процессе сушки перегретым паром // Дизайн и технологии. – 2020, № 75 (117). С. 71...74.
4. Поляков А.Е., Иванов М.С., Рыжкова Е.А., Горихова А.М., Муц А.А., Дубенков В.И. Устройство для управления тепловыми потоками процесса деформации текстильных материалов. Патент на полезную модель RU 187519 U1, 11.03.2019. Заявка № 2018144697 от 17.12.2018.

5. Комбаров Ю.С., Рыжкова Е.А. Система автоматического управления процессом пропитки кроя // Сб. научн. тр. кафедры автоматизации и промышленной электроники / Под ред. Е.А. Рыжковой. – М., 2019. С. 180...182.

6. Поляков А.Е., Рыжкова Е.А., Иванов М.С., Осина А.М. Применение современных интеллектуальных технологий для исследования сложных многомерных динамических объектов технологического оборудования // Материалы и технологии. – 2019, № 1 (3). С. 59...63.

7. Kuznetsov S.S., Ryzhkova E.A. Compensation of backlash of actuators in control systems // Fibre Chemistry. – V. 49, № 5, 2018. С. 342.

8. Есмаханова Л.Н., Джанузаква Р.Д., Жанкуанышев М.К., Мухатова К.М., Нуржанов Б.С. Цифровая платформа – лучший путь к достижению эффективных результатов в текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 2.

9. Крыкбаев М.М., Джанузаква Р.Ж., Тлешова А.С., Шедреева И.Б., Аргинбаев Б.М. Автоматизация системы контроля и управления работой сушильного барабана для сушки хлопка-сырца // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 2.

10. Kuznetsov S.S., Ryzhkova E.A. On the selection of a control law for multiply connected inertial objects Fibre Chemistry. – V. 49, № 4, 2017. С. 284...287.

REFERENCES

1. Kombarov Yu.S., Ryzhkova E.A. Razrabotka sushil'noy kamery dlya tkanevykh otrezov // Sb. nauchn. tr. kafedry avtomatiki i promyshlennoy elektroniki. – М., 2021. С. 29...31

2. Kombarov Yu.S., Ryzhkova E.A. Sravnenie metodov nagrevaniya tekstil'nykh materialov pri periodicheskoy sushke tkani v protsesse propitki // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. konf.: Dizayn, tehnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2020). – 2020. С.239...241.

3. Ryzhkova E.A., Kuznetsov S.S., Kombarov Yu.S. Poluchenie peredatochnoy funktsii paroperegrevatel'ya v sisteme upravleniya temperaturoy v protsesse sushki peregretyim parom // Dizayn i tekhnologii. – 2020, № 75 (117). С. 71...74.

4. Polyakov A.E., Ivanov M.S., Ryzhkova E.A., Gorokhova A.M., Muts A.A., Dubenkov V.I. Ustroystvo dlya upravleniya teplovymi potokami protsessa deformatsii tekstil'nykh materialov. Patent na poleznuyu model' RU 187519 U1, 11.03.2019. Zayavka № 2018144697 ot 17.12.2018.

5. Kombarov Yu.S., Ryzhkova E.A. Sistema avtomaticheskogo upravleniya protsessom propitki kroya // Sb. nauchn. tr. kafedry avtomatiki i promyshlennoy elektroniki / Pod red. E.A. Ryzhkovoy. – М., 2019. С.180...182.

6. Polyakov A.E., Ryzhkova E.A., Ivanov M.S., Osina A.M. Primenenie sovremennykh intellektual'nykh tekhnologiy dlya issledovaniya slozhnykh mnogomernykh dinamicheskikh ob'ektov tekhnologicheskogo oborudovaniya // Materialy i tekhnologii. – 2019, № 1 (3). С. 59...63.

7. Kuznetsov S.S., Ryzhkova E.A. Compensation of backlash of actuators in control systems // Fibre Chemistry. – V. 49, № 5, 2018. С. 342.

8. Esmakhanova L.N., Dzhanzakova R.D., Zhankuanyshev M.K., Mukhatova K.M., Nurzhanov B.S. Tsifrovaya platforma – luchshiy put' k dostizheniyu effektivnykh rezul'tatov v tekstil'noy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 2.

9. Krykbaev M.M., Dzhanzakova R.Zh., Tleshova A.S., Shedreeva I.B., Arginbaev B.M. Avtomatizatsiya sistemy kontrolya i upravleniya rabotoy sushil'nogo barabana dlya sushki khlopka-syrtsa // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 2.

10. Kuznetsov S.S., Ryzhkova E.A. On the selection of a control law for multiply connected inertial objects Fibre Chemistry. – V. 49, № 4, 2017. С. 284...287.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

УДК 67.05: 66.040.287

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_229

**ПИРОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В АДсорбЕНТЫ***

**TEXTILE INDUSTRY ORGANIC WASTE
PYROGENETIC PROCESSING INTO ADSORBENTS**

Р.Г. САФИН, В.Г. СОТНИКОВ, Д.Ф. ЗИАТДИНОВА

R.G. SAFIN, V.G. SOTNIKOV, D.F. ZIATDINOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: vcvcvc12345678@gmail.com

В работе проведено исследование по кондуктивному пиролизу отходов тканевых материалов и резино-технических изделий в установке производства активированного угля. Представлена математическая модель процесса термохимического разложения отходов тканей: льна, хлопка и синтетики на углерод и пиролизные газы, служащие топливом для установки производства активированного угля. Приведена зависимость изменения температуры сырья в камере пиролиза для различных отходов текстильной промышленности, описывающая конвективный теплообмен, происходящий между насыпным слоем отходов и стенкой камеры пиролиза, и кинетические зависимости изменения удельной массы сырья и продуктов реакций в камере пиролиза, характеризующие массообмен при термохимическом превращении отходов в углеродистый остаток. Совместное решение уравнений тепломассопереноса описывает динамику нагрева отходов и изменения удельной массы твердых фракций и парогазовой смеси при разложении отходов. Проанализированы конечные характеристики углеродных адсорбентов, полученных при переработке текстильных отходов в установке производства активированного угля, позволяющие сделать вывод о целесообразности термохимической переработки отходов текстильного производства в активированный уголь.

In the article under review, a study was carried out on the conductive pyrolysis of waste fabric materials and rubber products in an activated carbon production unit. A mathematical model of the tissue waste process thermochemical decomposition: flax, cotton and synthetics into carbon and pyrolysis gases serving as fuel

*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы» ФГБОУ ВО КНИТУ.

*The study was carried out using the equipment of the Center for Collective Use “Nanomaterials and Nanotechnology” of the Kazan National Research Technological University.

for an activated carbon production unit, is presented. The dependence of the change in the temperature of the raw material in the pyrolysis chamber for various wastes of the textile industry is given, the latter describes the convective heat transfer between the bulk layer of the waste and the wall of the pyrolysis chamber, and the kinetic dependences of the change in the specific gravity of the raw material and reaction products in the pyrolysis chamber characterizing the mass transfer during the thermochemical conversion of wastes into a carbonaceous residue. ... The joint solution of the heat and mass transfer equations describes the dynamics of waste heating and changes in the specific mass of the solid fraction and steam-gas mixture during waste decomposition. The final characteristics of carbon adsorbents obtained during the processing of textile waste in an activated carbon production unit have been analyzed, which make it possible to draw a conclusion about the advisability of thermochemical processing of textile waste into activated carbon.

Ключевые слова: активированный уголь, отходы текстильной промышленности, кондуктивный пиролиз, теплоперенос, массоперенос, ресурсосбережение, энергосбережение.

Keywords: activated carbon, waste of the textile industry, conductive pyrolysis, heat transfer, mass transfer, resource-saving, energy saving.

Введение

Интенсивное развитие научно-технического прогресса и бурный рост народонаселения за последнее столетие привели к тому, что в мире накопилось колоссальное количество отходов. Весомая часть вновь образующихся отходов приходится на текстильные отходы легкой промышленности. Такие отходы образуются в огромных количествах и не всегда принимаются перерабатывающими организациями. Они вывозятся для захоронения, тем самым ухудшая экологическое состояние планеты [1], [2].

Отходы текстильной промышленности можно разделить на 2 группы: непосредственно текстиль натуральный и химический и применяемые при производстве органические отходы (резино-технические изделия (РТИ)), которые также образуются в больших количествах на производствах текстильной промышленности. Данные отходы можно пирогенетически переработать, получив активированный уголь с высокими адсорбционными свойствами [3], [4].

Пирогенетическая переработка или пиролиз отходов – это высокотемпературный процесс разложения отходов без доступа

кислорода на пиролизный газ и твердый углеродистый остаток. Герметичность процесса позволяет исключить выбросы вредных веществ в атмосферу и получить при этом востребованные продукты, такие как активированный уголь, горючие газы и дистиллят – жидкое топливо.

Выбор натурального текстиля в качестве сырья для производства активированного угля обусловлен высоким содержанием целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина – суммарно до 99%. РТИ и синтетические ткани также станут хорошим сырьем для получения активированного угля, по химическому составу это углерод с примесями, то есть при их пирогенетическом разложении получится сухой остаток – уголь, био- нефть, а также горючие газы [3...5].

Из выше изложенного можно сделать вывод, что отходы текстильной промышленности можно выгодно переработать в адсорбенты, с извлечением жидкого и газообразного топлива. В связи с этим в работе поставлена задача исследования пирогенетической переработки текстильных отходов, таких как ткани льна, хлопка, синтетики, РТИ.

Методы и материалы.

На кафедре переработки древесных материалов Казанского национального исследовательского технологического университета была разработана энерго- и ресурсосберегающая непрерывно действующая установка, предназначенная для производства активированного угля [6...8].

Установка устроена по принципу кондуктивного пиролиза. Топливом для работы установки служит неконденсирующийся газ, получаемый при разложении отходов. На рис. 1 представлена схема установки переработки отходов в активированный уголь [9].

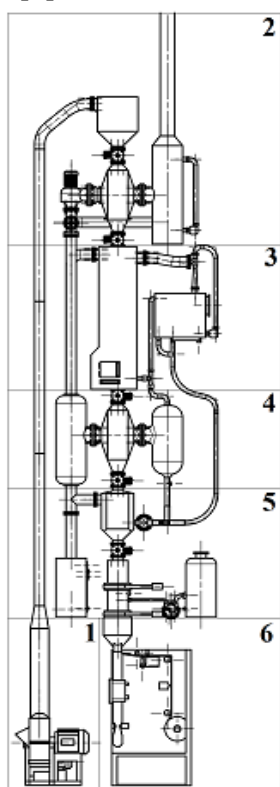


Рис. 1

Конструктивно установка представляет собой вертикальную реторту, где измельченные в зоне 1 отходы непрерывно движутся сверху вниз и по мере прохождения зон сушки 2, пиролиза 3, активации 4, охлаждения 5, укупорки 6 превращаются в ценный продукт – активированный уголь.

Перед пирогенетическим разложением тканевых отходов их сушат в зоне сушки топочными газами при температуре 150...270°C. Длительность процесса сушки определяется видом и размерами отходов. Высушен-

ные отходы перемещаются через шлюзовый питатель в пиролизную камеру.

Пиролиз в установке производства активированного угля происходит при температуре 500°C, при данной температуре выход сухого остатка максимален. В камере пиролиза происходят активные тепло- и массообменные процессы, осложненные химическими реакциями. Перенос тепла при разложении текстильных отходов можно описать дифференциальным уравнением Фурье [10], [11]:

$$W_M \rho_{\text{сл}} c_M \frac{\partial T_{\text{сл}}}{\partial h} = \frac{\partial T_{\text{сл}}}{\partial \ell} \left(\lambda_{\text{сл}} \frac{\partial T_{\text{сл}}}{\partial \ell} \right) + q_{\text{xp}}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{сл}}$ – насыпная плотность частиц [кг/м³]; c_M – теплоемкость материала [Дж/(кг·К)]; $T_{\text{сл}}$ – температура слоя [°C]; h , ℓ – координата, соответственно высоты слоя и расстояния до греющей поверхности [м]; $\lambda_{\text{сл}}$ – эффективный коэффициент теплопроводности слоя материала [Вт/(м·К)] – зависит от порозности слоя, температуры, скорости движения биомассы в зоне пиролиза, его значение определяется экспериментальным путем; W_M – скорость движения отходов по пиролизной зоне [м/с].

Сток (приток) тепла за счет химических реакций q_{xp} [Дж/(м²·с)] рассчитывается по выражению:

$$q_{\text{xp}} = \sum_i^n q_{i=1} (-k_i \rho_i),$$

где q_i – удельная теплота превращения i компонента [Дж/кг]; k_i – константа скорости i химической реакции [1/с].

Схема крайних условий для решения уравнения (1) представлена на рис. 2.

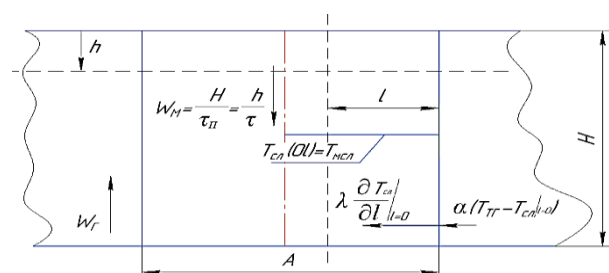


Рис. 2

Начальная температура слоя определяется конечной температурой материала после сушки соотношением:

$$T_{\text{сл}}(0,1) = T_{\text{мс}}.$$

Температура слоя материала, соприкасающегося с теплоподводящей поверхностью, определяется граничным условием третьего рода:

$$-\lambda_{\text{ск}} \frac{\partial T_{\text{сл}}}{\partial h} \Big|_{\ell=0} = \alpha (T_{\text{Г}} - T_{\text{сл}} \Big|_{\ell=0}),$$

где $T_{\text{Г}}$ – температура топочного газа [$^{\circ}\text{C}$]; α – коэффициент теплоотдачи [$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$] – определяется из решения критериального уравнения для турбулентного движения потока.

Условие симметрии запишется соотношением:

$$\frac{\partial T_{\text{сл}}}{\partial \ell} \Big|_{\ell=\frac{A}{2}} = 0.$$

При разложении текстиля, РТИ и синтетики образуются уголь и парогазовая смесь. Кинетику процесса можно записать отдельно для перерабатываемого сырья, угля и парогазовой смеси.

- для сырья

$$\frac{\partial \rho_{\text{с}}}{\partial \tau} = -k_{\text{с}} \rho_{\text{с}}, \quad (2)$$

- для угля

$$\frac{\partial \rho_{\text{у}}}{\partial \tau} = \phi k_{\text{с}} \rho_{\text{с}}, \quad (3)$$

- для парогазовой смеси

$$\frac{\partial \rho_{\text{пг}}}{\partial \tau} = (1 - \phi) k_{\text{с}} \rho_{\text{с}}, \quad (4)$$

доля угля в пиролизуемой частице ϕ определяется соотношением:

$$\phi = \rho_{\text{у}} / \rho_{\text{с}}.$$

Начальные условия для уравнений (2)...(4) определяются начальными концентрациями: удельная масса сырья равна плотности абсолютно сухого сырья.

Удельная масса угля и парогазовой смеси равна нулю.

Совместное решение дифференциальных уравнений (1), (6)...(8) при соответствующих краевых условиях описывает динамику тепло- и массообменных процессов в пиролизуемом сырье.

Результаты и обсуждения

Описанная выше математическая модель изменения температуры и удельной массы текстильных отходов и продуктов реакции может быть использована для определения режимов процесса пиролиза в установке производства активированного угля.

В ходе совместного решения уравнений тепло- и массопереноса представленной выше математической модели получены расчетные зависимости изменения температуры сырья в камере пиролиза (рис. 3 – кинетическая зависимость температуры сырья в центре образца (1 – резина, 2 – синтетическая ткань, 3 – льняная ткань, 4 – хлопковая ткань)) и зависимость изменения удельной массы сырья в камере пиролиза (рис. 4 – кинетическая зависимость удельной массы сырья в камере пиролиза (1 – резина, 2 – синтетическая ткань, 3 – льняная ткань, 4 – хлопковая ткань)).

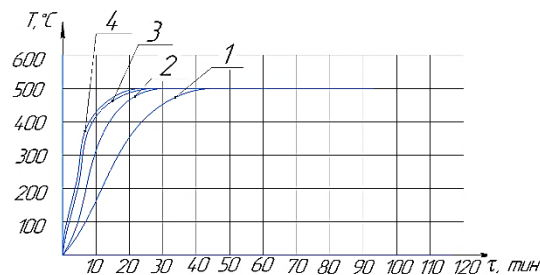


Рис. 3

Кривые на рис. 3 показывают скорость прогрева отходов до температуры протекания процесса пиролиза в 500°C в центре образца. Из зависимости видно, что прогрев тканей занимает гораздо меньшее время, чем прогрев резины.

Анализируя зависимость изменения удельной массы сырья в камере пиролиза, видно, что для разложения РТИ требуется гораздо больше времени, чем для разложе-

ния тканевых материалов, но выход углеродистого остатка выше в 1,5... 2 раза.

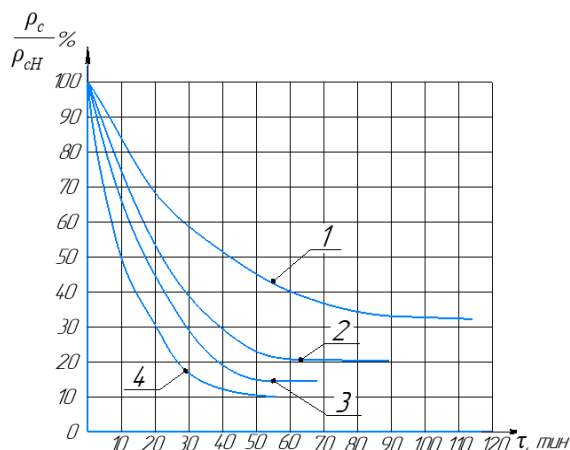


Рис. 4

Зависимости (рис. 3) и (рис. 4) позволяют определить продолжительность процесса пиролиза, если кривая температуры описывает начальную стадию процесса пиролиза в период прогрева, то кривые изменения удельной массы твердой фракции указывают на продолжительность

процесса при постоянной температуре. Как можно увидеть на рис. 4. изменение удельной массы твердого остатка льняной ткани прекращается на 55 мин стабильного процесса, то есть сопоставив графики рис. 3 и 4, можно сделать вывод, что процесс пиролиза для отходов из льняной ткани составит 70 мин. Кинетические зависимости температуры и изменения удельной массы сырья в камере пиролиза дают полное представление о скорости термохимического разложения отходов текстильной промышленности.

После пиролиза углеродистый остаток проходит через зону активации, затем две стадии охлаждения.

Полученный в установке производства активированного угля адсорбент из отходов текстильной промышленности соответствует ГОСТ 6217–74 [10], [11]. Основные характеристики промышленных адсорбентов, полученных при переработке различных отходов текстильной промышленности, представлены в табл. 1.

Таблица 1

№	Тип отхода	Адсорбционная активность по йоду, %	Объем пор, см ³ /г	Удельная поверхность, м ² /г
1	РТИ	60	1,7	1100
2	Синтетическая ткань	45	1,4	875
3	Льняная ткань	42	1,2	830
4	Хлопковая ткань	42	1,2	830

Наилучшими показателями по сорбционным свойствам обладают адсорбенты, полученные при переработке РТИ, адсорбенты из тканевых отходов также обладают высокими сорбционными свойствами и полностью соответствуют требованиям для адсорбентов марок ДАК и БАУ-МФ, которые широко применяются для адсорбции различных примесей из жидких и газовых сред, при высоком ресурсе работы.

ВЫВОДЫ

Пирогенетическая переработка отходов текстильной промышленности по энерго- и ресурсосберегающей технологии позволяет получить полезные для различных отраслей промышленности адсорбенты и со-

путствующие продукты: дистиллят и горючий газ.

Исследования, проведенные в работе, четко отражают экономическую целесообразность термохимической переработки тканевых отходов текстильной промышленности в активированный уголь. Адсорбенты, полученные в установке производства активированного угля, имеют характеристики, удовлетворяющие государственным стандартам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимович Е.М. Композиционные материалы на основе отходов – материалы будущего //Высшая школа. – 2016. Т.1, №4. С.101...103.
2. Kaldygozov A., Kaldygozov E., Idrisov M., Sarsenbaeva A. Ways of improving operational and

environmental properties of motor fuels from petroleum raw materials of Kazakhstan // *Industrial Technology and Engineering*. – №03 (24), 2017. P.18...24.

3. Демесинова А.А., Айдарова А.Б., Молдогазиева Г.М., Досмуратова Э.Е. Энергия из отходов текстильного производства // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2019, № 1. С.71...75.

4. Пукашева Г.Н., Коробкова А.Ю. Анализ возможностей получения угольных адсорбентов из отходов синтетических тканей. Особенности химии поверхности угольных адсорбентов // *Проблемы и решения теоретических и прикладных задач сервисных технологий*. – М.: МГУС, 2006. С.92...98.

5. Хомутов А.Н. Основы технологии активных углей из отходов полиуретанполиамидных тканей и торфа: Дис.... канд. техн. наук. – М.: РХТУ им. Менделеева, 2005.

6. Сафин Р.Г., Степанова Т.О., Зиятдинов Р.Р., Рябушкин Д.Г., Петров В.И., Сотников В.Г. Конструктивный расчет пиролизной зоны установки производства активированного угля // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 2020, №3. С.45...55.

7. Timerbaev N.F., Safin R.G., Mazarov I.Yu., Stepanova T.O. Thermochemical processing of organic waste IOP Conference Series/ Materials Science and Engineering. – 643. 2019.

8. Safin R.G., Prosvimikov D.V., Stepanova T.O. Processing of Renewable Wood Biomass into Thermally Modified Pellets with Increased Combustion Value // 2020 Proceedings of the 5 th international Conference on Industrial Engineering: Lecture Notes in Mechanical Engineering 387.

9. Патент РФ № 2694347, 11.07.201 МПК С 10 В 53/00. Способ получения активированного угля.

10. Tuntsev D.V., Safin R.G., Hismatov R.G., Halitov R.A., Petrov V.I. The mathematical model of fast pyrolysis of wood waste // In 2015 Int. Conf. on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). P. 1...4.

11. Timerbaev N.F., Safin R.R., Safin R.G., Ziatdinova D.F. Modeling of the process of energy-technological treatment of wood waste by method of direct-flow gasification // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 9(5), 2014. P. 141...146.

12. Nizam N.U.M., Hanafiah M.M., Mahmoudi E., Halim A.A., Mohammad A.W. The removal of anionic and cationic dyes from an aqueous solution using biomass-based activated carbon // *Scientific Reports*. – 11(1), 2021. P. 205...220. doi.org/10.1038/s41598-021-88084-z

13. Filho A.V., et al. Optimization of cationic dye removal using a high surface area-activated carbon from water treatment sludge // *Bulletin of Materials Science*. – 44(1), 2021. P. 41. doi.org/10.1007/s12034-020-02333-x

14. Manigomba J.A. et al. Prospects for biomass energy use in the republic of Burundi // *International*

Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). – 10, 2019. P. 1371...1382.

15. Antal M.J., et al. Biomass pyrolysis: a review of the literature. Part I. Carbohydrate pyrolysis // *In solat Energy*. – 2021, 1983. P.61...111. doi.org/10.1007/978-1-4684-8992-7_3

16. Mettler M.S., Vlachos D.G., Dauenhauer P.J. Top ten fundamental challenges of biomass pyrolysis for biofuels // *Energy Environ Sci*. – 2021, 2012(5). P.97...809.

17. Sadrtidinov A.R. et al. Modeling of thermal treatment of wood waste in the gasifiers. Proceedings of 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2015. – 2015, 7414914.

REFERENCES

1. Gerasimovich E.M. Kompozitsionnye materialy na osnove otkhodov – materialy budushchego // *Vysshaya shkola*. – 2016. T.1, №4. S.101...103.

2. Kaldygozov A., Kaldygozov E., Idrisov M., Sarsenbaeva A. Ways of improving operational and environmental properties of motor fuels from petroleum raw materials of Kazakhstan // *Industrial Technology and Engineering*. – №03 (24), 2017. P. 18...24.

3. Demesinova A.A., Aydarova A.B., Moldogazieva G.M., Dosmuratova E.E. Energiya iz otkhodov tekstil'nogo proizvodstva // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2019, № 1. S.71...75.

4. Pukasheva G.N., Korobkova A.Yu. Analiz vozmozhnostey polucheniya ugol'nykh adsorbentov iz otkhodov sinteticheskikh tkaney. Osobennosti khimii poverkhnosti ugol'nykh adsorbentov // *Problemy i resheniya teoreticheskikh i prikladnykh zadach servisnykh tekhnologiy*. – М.: МГУС, 2006. S. 92...98.

5. Khomutov A.N. Osnovy tekhnologii aktivnykh ugley iz otkhodov poliuretanpoliamidnykh tkaney i torfa: Дис.... канд. tekhn. nauk. – М.: RKhTU im. Mendeleeva, 2005.

6. Safin R.G., Stepanova T.O., Ziatdinov R.R., Ryabushkin D.G., Petrov V.I., Sotnikov V.G. Konstruktivnyy raschet piroliznoy zony ustanovki proizvodstva aktivirovannogo uglya // *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'*. – 2020, №3. S.45...55.

7. Timerbaev N.F., Safin R.G., Mazarov I.Yu., Stepanova T.O. Thermochemical processing of organic waste IOP Conference Series/ Materials Science and Engineering. – 643. 2019.

8. Safin R.G., Prosvimikov D.V., Stepanova T.O. Processing of Renewable Wood Biomass into Thermally Modified Pellets with Increased Combustion Value // 2020 Proceedings of the 5 th international Conference on Industrial Engineering: Lecture Notes in Mechanical Engineering 387.

9. Патент РФ № 2694347, 11.07.201 МПК С 10 В 53/00. Способ получения активированного угля.

10. Tuntsev D.V., Safin R.G., Hismatov R.G., Halitov R.A., Petrov V.I. The mathematical model of fast pyrolysis of wood waste // In 2015 Int. Conf. on Me-

chanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). P. 1...4.

11. Timerbaev N.F., Safin R.R., Safin R.G., Ziatdinova D.F. Modeling of the process of energy-technological treatment of wood waste by method of direct-flow gasification // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 9(5), 2014. P. 141...146.

12. Nizam N.U.M., Hanafiah M.M., Mahmoudi E., Halim A.A., Mohammad A.W. The removal of anionic and cationic dyes from an aqueous solution using biomass-based activated carbon // Scientific Reports. – 11(1), 2021. P. 205...220. doi.org/10.1038/s41598-021-88084-z

13. Filho A.V., et al. Optimization of cationic dye removal using a high surface area-activated carbon from water treatment sludge // Bulletin of Materials Science. – 44(1), 2021. P. 41. doi.org/10.1007/s12034-020-02333-x

14. Manigomba J.A. et al. Prospects for biomass energy use in the republic of Burundi // International

Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). – 10, 2019. P. 1371...1382.

15. Antal M.J., et al. Biomass pyrolysis: a review of the literature. Part I. Carbohydrate pyrolysis // In solat Energy. – 2021, 1983. P. 61...111. doi.org/10.1007/978-1-4684-8992-7_3

16. Mettler M.S., Vlachos D.G., Dauenhauer P.J. Top ten fundamental challenges of biomass pyrolysis for biofuels // Energy Environ Sci. – 2021, 2012(5). P.97...809.

17. Sadrtidinov A.R. et al. Modeling of thermal treatment of wood waste in the gasifiers. Proceedings of 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2015. – 2015, 7414914.

Рекомендована кафедрой переработки древесных материалов. Поступила 01.10.21.

УДК 677.027

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_235

ГИДРОДИНАМИКА АППАРАТА С РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ АДсорбЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ*

HYDRODYNAMICS OF A DEVICE WITH A REGULAR ADSORBENT STRUCTURE FOR WASTEWATER TREATMENT OF TEXTILE ENTERPRISES

А.Е.ХУССАНОВ, З.И. ДЖАМАЛОВА, Б.М. КАЛДЫБАЕВА, Д.А. ТУРДЫБЕКОВА, М.Д.САБЫРХАНОВ

A. YE. KHUSSANOV, Z.I.JAMALOVA, B.M. KALDYBAYEVA, D.A. TURDYBEKOVA, M.D. SABYRKHANOV

(Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан)

(M.Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: khusanov_1975@inbox.ru; zulya_d_85@mail.ru; kaldybaeva.b@mail.ru;
dilya_turdibekova@mail.ru; smd_1976@mail.ru

Адсорбционная технология, отличающаяся относительно простой и проработанной конструкцией аппаратов и машин и приемлемыми энергозатратами, является одной из наиболее перспективных и конкурентоспособных технологий. В этой статье предлагается описание конструкции аппарата с регулярной структурой адсорбента для очистки сточных вод текстильных предприятий, приведена экспериментальная установка для исследования теплообменных и гидродинамических характеристик.

* Представленные результаты исследования гидродинамики аппарата с регулярной структурой адсорбента для очистки сточных вод текстильных предприятий получены в рамках грантового проекта МОН РК AP09260365 "Применение интегрированных технологий для снижения уровня загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности производственных территориальных комплексов".

Статья посвящена исследованию гидродинамики стационарного слоя гранулированного активированного угля при фильтрации газожидкостного потока. Определен коэффициент сопротивления слоя на основании внутренней задачи гидродинамики. Приведено сравнение полученных результатов с точки зрения их точности и трудоемкости необходимых расчетов.

The adsorption technology, characterized by a relatively simple and well-developed design of devices and machines and acceptable energy consumption, is one of the most promising and competitive technologies. This article deals with the design of an apparatus with a regular structure of an adsorbent for textile enterprises wastewater treatment, an experimental installation for the study of heat and mass transfer and hydrodynamic characteristics is given. The article is also devoted to the study of the hydrodynamics of a granular activated carbon stationary layer during gas-liquid flow filtration. The coefficient of the layer resistance is determined, based on the internal problem of hydrodynamics. The results obtained are compared in terms of their accuracy and the complexity of the necessary calculations.

Ключевые слова: внешняя задача гидродинамики, внутренняя задача гидродинамики, стационарный слой, коэффициент сопротивления, фильтрационная сушка, текстильная отрасль, тепломассообменные закономерности.

Keywords: external hydrodynamic problem, internal hydrodynamic problem, stationary layer, resistance coefficient, filtration drying, textile industry, heat and mass transfer patterns.

Введение

В современной текстильной промышленности адсорбционный метод широко используют для глубокой очистки технологических потоков, который позволяет практически полностью извлечь примеси из жидкой среды [1...6].

Анализ конструкций адсорбционных аппаратов показывает, что их достоинствами являются: тонкая очистка сточных вод, селективность, несложность работы и простота конструкции аппаратов, а недостатками – трудность регенерации, снижение его активности в процессе эксплуатации, большие потери давления в аппаратах [1]. Для устранения указанных недостатков и снижения больших потерь давления в адсорбционных аппаратах возникает необходимость исследования гидравлического сопротивления аппаратов и модернизации конструкции аппаратов.

В тепломассообменных аппаратах с регулярной насадкой заложен принцип создания синфазного режима взаимодействующих фаз [7]. Это достигается рацио-

нальным размещением контактных элементов вдоль движения сплошного и дисперсного потоков, как показали предварительные исследования, это приводит к существенной интенсификации проводимых процессов. Благодаря вышеперечисленному такие аппараты нашли свое промышленное применение в процессах абсорбции, десорбции адсорбции, и улавливания пыли [7], [8].

Исследования, проведенные на различных текстильных предприятиях США по адсорбционной очистке сточных вод, показали, что степень очистки сточных вод от красителей составляет 98...100% [8...10].

Методы и объект исследования. На основании информационного анализа данных о составе и методах для очистки отходящих сточных вод текстильных предприятий нами разработана конструкция аппарата с регулярной структурой адсорбента, которая приведена на рис. 1 [9]. Аппарат с регулярной структурой адсорбента для промышленной адсорбции жидкостей работает следующим образом.

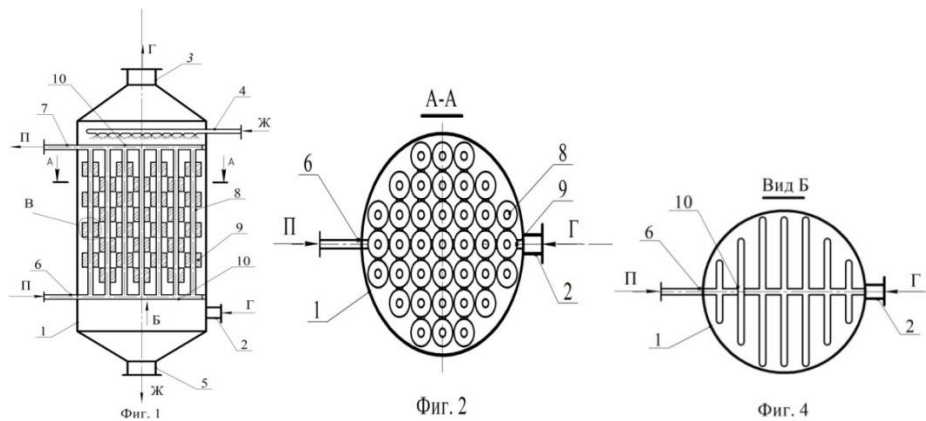


Рис. 1

Поток, поступающий на очистку, подается через штуцер 4. Взаимодействие газа и жидкости, подаваемой через патрубков ввода газа 2, происходит в противоточном режиме в объеме контактной зоны, представляющей собой контактное устройство, состоящее из адсорбента 9, регулярно расположенных в сечении и по высоте аппарата. Регулярность расположения контактных устройств с шагами, равными двум линейным размерам поперечного сечения контактного устройства в вертикальном и радиальном направлениях, приводит к созданию режима одновременного вихреобразования (синфазного режима) взаимодействия вихрей, образующихся за контактными устройствами. В синфазном режиме суммарная мощность вихрей увеличивается, что позволяет совершить большую работу по дроблению очищаемой жидкости и созданию высокоразвитой межфазной поверхности. Кроме того, в аппарате с регулярной структурой адсорбента происходит процесс поглощения очищаемой жидкости слоем адсорбента, который повышает эффективность очистки [9].

Движение регенерационного газа по слоям контактных устройств осуществляется по схеме патрубков 6 – коллектор 10 – распределительные трубы 8 – коллектор 10 – патрубков 7. В случае регенерации адсорбента регенерационный газ через отверстия в распределительной трубе проникает в слой адсорбента и, продувая поглощенное загрязнение, удаляется через штуцер 5 выхода жидкости.

При понижении степени очистки потока адсорбентом, о чем свидетельствует повышение концентрации поглощаемого вещества в очищенном потоке, слой адсорбента подвергают регенерации. Для этого отключается подача исходного газа через штуцер 2 и жидкости через штуцер 4, через штуцер 6 вводится регенерирующий газ и подается в распределительные трубы 8 на адсорбент 9. Отделенное от адсорбента поглощаемое вещество в смеси с регенерирующим агентом выводится через штуцер 5 [9].

Использованный газовый поток выводится из аппарата через штуцер 3, а очищенная жидкость стекает через патрубков 5.

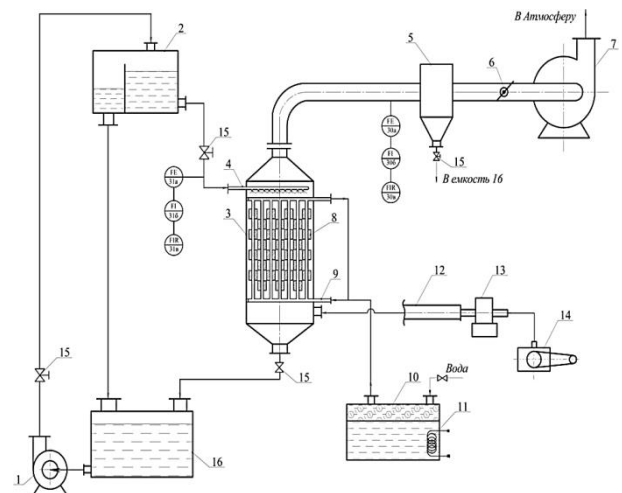


Рис. 2

Преимуществами заявляемого технического решения, по сравнению с прототипом, являются [9]:

- достижение более высоких коэффициентов тепло- и массоотдачи при очистке (до 30%) за счет равномерного распределения взаимодействующих потоков;

- снижение расхода регенерационного газа за счет индивидуального распределения в каждый адсорбционный элемент контактного устройства.

Технологическая схема установки представлена на рис. 2, где 1 – насос; 2 – напорная емкость; 3 – аппарат; 4 – ороситель; 5 – каплеуловитель; 6 – шибер; 7 – вентилятор; 8 – контактные устройства (насадка); 9 – распределитель регенерационного агента; 10 – нагревательная емкость; 11 – нагревательное устройство; 12 – входной газопровод; 13 – воздухоподатчик; 14 – компрессор; 15 – вентиль; 16 – циркуляционная емкость. Экспериментальная установка включала модель аппарата круглого сечения ($D=350$ мм), выполненную из оргстекла [11].

Поток воздуха, нагнетаемый вентилятором 7, поступает через штуцер 12 в колонный аппарат 3 диаметром 350 мм и высотой рабочей зоны 1,3 м. Затем, проходя через насадочную зону 8, орошаемый очищаемой жидкостью, поступающей через ороситель 4, выбрасывается в атмосферу. Расход воздушного потока регулируется шибером 6 по показаниям стандартной диафрагмы с дифманометром. Очищаемая жидкость из нижней емкости аппарата 16 с помощью насоса 1 подается в напорный бак 2, откуда через ороситель 7 поступает на орошение. Расход воды регулируется вентилем 15 по показаниям ротаметра.

Диапазон изменения режимных параметров: скорость газа w_r - $1 \div 5$ м/с; плотность орошения L - $10 \div 75$ м³/м²·ч; температура воздуха $t_{\text{возд.}}$ = $20 \div 100$ °С; температура теплоносителя в трубчатом пучке $t_{\text{ж.}}$ = $16 \div 100$ °С; конструктивных параметров: шаг между насадочными элементами по вертикали t_b/b - $1 \div 5$; шаг между насадочными элементами по горизонтали t_p/b - $1,5 \div 4$; размер насадочных элементов: насадка с адсорбентом: $d = 0,025$ м; $l = 0,34$ м.

Результаты и обсуждение. Целью работы является экспериментальный и теоретический анализ гидродинамики при взаимодействии газожидкостного потока в стационарном слое адсорбента, состоящего из активированного угля, и определение коэффициента гидравлического сопротивления слоя λ [12], [13].

Согласно рекомендациям, приведенным в [14], и на основе визуального анализа формы гранул коэффициент сферичности приняли равным $\psi = 0,9$, учитывая микрошероховатость внешней поверхности гранул, коэффициент взаимного экранирования их поверхности приняли равным $K_e = 0,9$, а удельную поверхность слоя определяли из зависимости [14]:

$$a = \frac{a_0(1-\varepsilon_{\text{сл}})}{K_e}, \quad (1)$$

где $a_0 = \frac{6}{\psi \cdot d_n}$ – удельная поверхность гранулы; $\varepsilon_{\text{сл}}$ – порозность слоя, которую определяли методом двух жидкостей согласно методике, приведенной в [15]. Исследование гидродинамики проводили согласно методике, описанной в [16]. Зависимость потерь давления в слое гранулированного активированного угля от фиктивной скорости фильтрования газожидкостного потока приведены на рис. 3-а и 3-б, где $H \cdot 10^3$ м: 1 – 140; 2 – 119; 3 – 97; 4 – 76; 5 – 54; 6 – 40; 7 – 32; 8 – 22. С целью сравнения различных методов обобщения экспериментальных данных и определения их влияния на точность прогнозирования потерь давления в слое дисперсного материала проанализируем их.

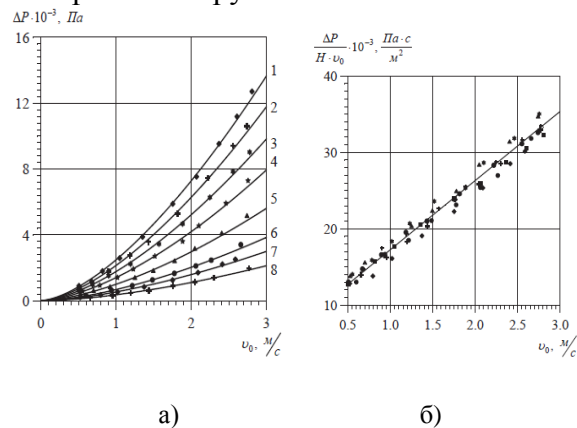


Рис. 3

$$A = 120Re_e^{-0,45}, \quad (2)$$

На практике для определения потерь давления в слое дисперсного материала разные исследователи используют как внутреннюю, так и внешнюю задачу гидродинамики. В этой статье мы рассмотрели только внутреннюю задачу, а результаты внешней задачи гидродинамики приведены в нашей работе [11].

Внутренняя задача гидродинамики. Определяющим геометрическим размером в этом случае принимают эквивалентный диаметр канала, по которому движется тепловой агент d_e . Для нахождения функциональной зависимости между числом Эйлера, Рейнольдса и геометрическим симплексом используем графоаналитический метод (рис. 4-а и 4-б: а) зависимость числа Эйлера от геометрического симплекса для активированного угля, б) зависимость коэффициента "А" от числа Re_e для активированного угля: 1 – $Re_e=180$; 2 – 320; 3 – 460; 4 – 600; 5 – 740; 6 – 880; 7 – 1020).

Для этого результаты экспериментальных исследований представим в виде зависимости числа Эйлера от геометрического симплекса $Eu = f\left(\frac{H_e}{d_e}\right)$ для различных значений числа Рейнольдса (рис. 4-а).

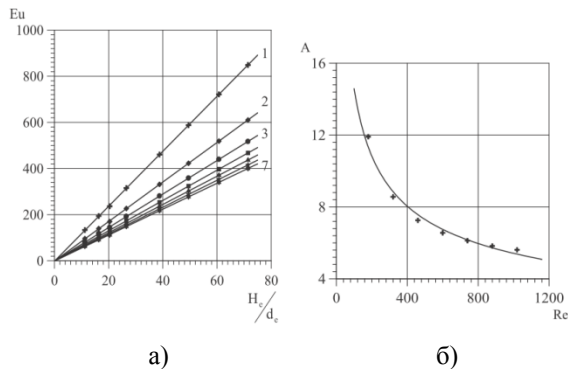


Рис. 4

Как видно из рис. 4-а, рост числа Рейнольдса приводит к росту угла наклона прямой к оси абсцисс. Поэтому для нахождения неизвестного коэффициента "А" построим зависимость тангенса угла наклона прямой к оси абсцисс, как функции от числа Рейнольдса (рис. 4-б).

На основе графической зависимости получаем:

где $Re_e = \frac{\omega \cdot d_e \cdot \rho}{\mu}$ – эквивалентное значение числа Рейнольдса.

Уменьшить количество необходимых расчетов и количество графических зависимостей при определении коэффициента сопротивления стационарного слоя активированного угля можно, если представить экспериментальные данные в виде графической зависимости $\frac{Eu}{\frac{H_e}{d_e}} = f(Re_e)$:

$$Eu = 120 \frac{H_e}{d_e} Re_e^{-0,45}, \quad (3)$$

а коэффициент гидравлического сопротивления слоя соответственно:

$$\lambda = 240Re_e^{-0,45}. \quad (4)$$

Из графической зависимости (рис. 5-а) определяем:

$$\frac{Eu}{\left(\frac{H_e}{d_e}\right)} = \frac{\lambda}{2} = 120Re_e^{-0,45}. \quad (5)$$

Как видим, два последних варианта дают нам одинаковые зависимости для определения коэффициента сопротивления λ .

С целью сравнения точности определения коэффициента сопротивления λ из вышеприведенных зависимостей (3) и (5) рассчитаем потери давления в стационарном слое активированного угля по известному уравнению Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta P_T = \lambda \frac{H}{d_q} \frac{\rho \cdot \omega_0^2}{2 \cdot \varepsilon_{cl}^2} \quad (6)$$

и сравним полученные результаты с экспериментальными данными. Результаты сравнения приведем в виде графической зависимости рис. 5-а.

На рис. 5 показаны: а) зависимость $\frac{Eu}{\frac{H_e}{d_e}}$ от числа Рейнольдса Re_e , б) корреляционная зависимость между теоретически рассчитанными по зависимости (8) и в соответствии (3), (5) и экспериментальными

данными, где $\diamond - \lambda = \frac{4200}{Re} + 14$; $+ - \lambda = 424 \cdot Re^{-0,43}$; $\bullet - \lambda = 240 \cdot Re^{-0,45}$.

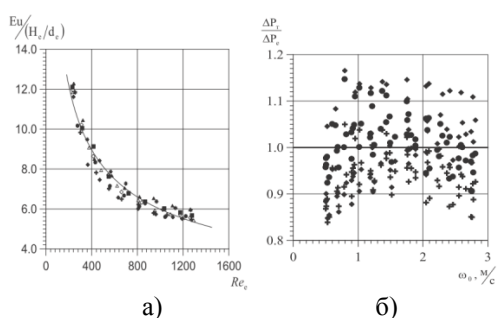


Рис. 5

ВЫВОДЫ

Как свидетельствует анализ рис. 5-б, максимальная относительная погрешность между рассчитанными значениями и экспериментальными данными для всех высот активированного угля не превышает: для первого метода ($\lambda = \frac{4200}{Re} + 14$) – 16,7%, второго метода ($\lambda = 424 \cdot Re^{-0,43}$) – 16,1% и третьего, и четвертого ($\lambda = 240 \cdot Re^{-0,45}$) – 14,5%, что является вполне приемлемым для проектных расчетов технологического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники // 2-е изд. перер. и доп. – М.: Химия, 1984.
2. Ласков Ю.М., Ефимова Н.А. Очистка сточных вод красильно-отделочных предприятий хлопчатобумажной промышленности физико-химическими методами. – М., 1980. С.102...108.
3. Фруммин Л.Е., Филатов В.Н., Соротюк Р.Е., Кричевский Г.Е. Очистка сточных вод красильно-отделочного производства сорбционным методом. – М., 1983. С.98...101.
4. Ануфриев В.Н. Очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности // Экология на предприятиях. – 2015, № 1 (43). С. 87...96.
5. Волхонская Н.С. Основные тенденции в использовании пигментных композиций в текстильной промышленности // Текстильная химия. – 1996, № 1(8). С. 11...13.
6. Абрамов О.В., Кошелева М.К., Кереметин П.П., Муллакаев М.С. Очистка сточных вод текстильных предприятий гальванохимическим методом с использованием ультразвукового поля // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 3. С.107...110.

7. Volnenko A.A., Balabekov O.S., Korganbaev B.N., Sarsenbekuly D.S. Purification apparatuses with new types of regular packings for chromium salts production // Chemical Engineering Transactions. – № 43, 2015. P. 1147...1152.

8. Kaldybaeva B.M., Khusanov A.E., Dmitriev E.A., Sabyrkhanov D.S., Abilmagzhanov A.Z. Modelling with simultaneous phase transfer chemisorption of hydrogen sulfide and carbon dioxide in the chemisorption apparatus // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. – №6(420), 2016. P. 178...184.

9. Патент на полезную модель РК №6233, Заявка № 2021/0123.2. Дата подачи заявки 10.02.2021. Аппарат с регулярной структурой адсорбента // Джамалова З., Калдыбаева Б.М., Хусанов А.Е. и др.

10. McKay Jordon. Waster Color Removal From Textil Effluents // American Dyestuff Reporter. – V. 68, №4, 1979. P.29...34.

11. Джамалова З., Калдыбаева Б.М., Хусанов А.Е., Жолшыбек А. Расчет гидравлического сопротивления аппарата с регулярной структурой неподвижного слоя адсорбента: внешняя задача гидродинамики // Труды МНПК "Ауэзовские чтения-19:30 лет Независимости Казахстана". – Шымкент, 2021. Т.8. С.137...140.

REFERENCES

1. Kel'tsev N.V. Osnovy adsorbtsionnoy tekhniki // 2-e izd. perer. i dop. – М.: Khimiya, 1984.
2. Laskov Yu.M., Efimova N.A. Ochistka stochnykh vod krasil'no-otdelochnykh predpriyatiy khlochatobumazhnoy promyshlennosti fiziko-khimicheskimi metodami. – М., 1980. S.102...108.
3. Frumin L.E., Filatov V.N., Sorotyuk R.E., Krichevskiy G.E. Ochistka stochnykh vod krasil'no-otdelochnogo proizvodstva sorbtsionnym metodom. – М., 1983. S.98...101.
4. Anufriev V.N. Ochistka stochnykh vod predpriyatiy tekstil'noy promyshlennosti // Ekologiya na predpriyatiyakh. – 2015, № 1 (43). S. 87...96.
5. Volkhonskaya N.S. Osnovnye tendentsii v ispol'zovanii pigmentnykh kompozitsiy v tekstil'noy promyshlennosti // Tekstil'naya khimiya. – 1996, №1(8). S. 11...13.
6. Abramov O.V., Kosheleva M.K., Keremetin P.P., Mullakaev M.S. Ochistka stochnykh vod tekstil'nykh predpriyatiy gal'vanokhimicheskim metodom s ispol'zovaniem ul'trazvukovogo polya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2009, №3. S.107...110.
7. Volnenko A.A., Balabekov O.S., Korganbaev B.N., Sarsenbekuly D.S. Purification apparatuses with new types of regular packings for chromium salts production // Chemical Engineering Transactions. – № 43, 2015. P. 1147...1152.
8. Kaldybaeva B.M., Khusanov A.E., Dmitriev E.A., Sabyrkhanov D.S., Abilmagzhanov A.Z. Modelling with simultaneous phase transfer chemisorption of hy-

drogen sulfide and carbon dioxide in the chemisorption apparatus // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences.– №6(420), 2016. P. 178...184.

9. Patent na poleznuyu model' RK №6233, Zayavka № 2021/0123.2. Data podachi zayavki 10.02.2021 Apparat s regulyarnoy strukturoy adsorbenta //Dzhamalova Z., Kaldybaeva B.M., Khusanov A.E. i dr.

10. McKay Jordon. Waster Color Removal From Textil Effluents// American Dyestuff Reporter. – V. 68, №4, 1979. R.29...34.

11. Dzhamalova Z., Kaldybaeva B.M., Khusanov A.E., Zholshybek A. Raschet gidravlichesкого soprotivleniya apparata s regulyarnoy strukturoy nepodvizhnogo sloya adsorbenta: vneshnyaya zadacha gidrodinamiki // Trudy MNPК "Auezovskie chteniya-19:30 let Nezavisimosti Kazakhstana". – Shymkent, 2021. T.8. S.137...140.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 13.10.21.

УДК 338.45.01

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_241

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ: АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

THE USE OF TEXTILE WASTE: ANALYSIS OF THE STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

P.S. ГОЛОВ, Л.А. КОСТЫГОВА, В.Г. СМIRHOV

R.S. GOLOV, L.A. KOSTYGOVA, V.G. SMIRNOV

(Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет),
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации(Финансовый университет))

(Moscow Aviation Institute (National Research University),
Financial University under the Government of the Russian Federation (Financial University))

E-mail: roman_golov@rambler.ru; kostmisis@yandex.ru; svvgvy@mail.ru

В статье выполнено исследование проблемы использования текстильных отходов. Установлено, что каждый год в мире и России формируется значительное количество вторичного текстиля. Естественно, что такая масса отходов не должна попадать на свалки. Проблема усугубляется рядом обстоятельств, в первую очередь, тем, что потребности отрасли в натуральном сырье полностью не обеспечены, а отходы текстильной промышленности, составляющие 65 % объемов свалок, требуют отдельного сбора и хранения, ручной сортировки при переработке. В результате данные отходы относятся к категории слабо ликвидных, так как часто совокупные расходы, связанные с использованием такого сырья, превышают его стоимость.

Анализ зарубежного и российского опыта позволил оценить современное состояние процесса переработки текстильных отходов и сделать вывод о необходимости его совершенствования. Авторами рекомендовано совершенствование организации процесса использования текстильных отходов на основе лучших мировых практик. Для этого предложены: схема движения текстильных отходов, использование которой обеспечит рациональную организацию процессов сбора, подготовки и переработки вторичного текстильного сырья, и система мероприятий по стимулированию его переработки на основе применения субсидирования, налоговых льгот и других мер.

Внедрение предложенного комплекса мероприятий позволит сократить объемы текстильных отходов на свалках, повысить эффективность их переработки, что в итоге приведет к сокращению вредного воздействия на окружающую среду.

The article investigates the problem of the textile waste use. It is established that every year a significant amount of secondary textiles is formed in the world and Russia. Naturally, such a mass of waste should not end up in landfills. The problem is aggravated by a number of circumstances, primarily by the fact that the needs of the industry for natural raw materials are not fully met, and textile industry waste, which makes up 65% of landfills, which requires separate collection, storage and manual sorting. As a result, these wastes are classified as poorly liquid ones, since often the total costs associated with the use of such raw materials exceed its cost.

The analysis of foreign and Russian experience made it possible to assess the current state of the textile waste processing procedure in the world needing improvement. The authors recommended improving the organization of the textile waste usage process based on the best world practices. For this purpose, the following measures are proposed: a scheme for the movement of textile waste, the use of which will ensure the rational organization of the collection processes, preparation and processing of secondary textile raw materials, and a system of measures to stimulate its processing based on the use of subsidies, tax incentives and other measures.

The implementation of the proposed set of measures will reduce the volume of textile waste in landfills, increase the efficiency of their processing, which will eventually lead to a reduction in harmful effects on the environment.

Ключевые слова: вторичный текстиль, мало ликвидные отходы, рециркуляция текстильных отходов, направления использования, схема движения: сбор, сортировка, переработка, реализация продукции из вторичного текстиля; направления стимулирования: предприятий к переработке текстильных отходов, реализации товаров, полученных в результате сбора и переработки текстиля, населения к сбору и сдаче вторичного текстиля; субсидирование, налоговые льготы при переработке вторичного текстиля.

Keywords: secondary textiles, low-liquid waste, recycling of textile waste, directions of use, traffic pattern: collection, sorting, processing, sale of products from secondary textiles; areas of stimulation: enterprises to process textile waste, sale of goods obtained as a result of the collection and processing of textiles, the population to collect and hand over secondary textiles; subsidies, tax incentives for the processing of secondary textiles.

Введение. В Проекте Стратегии развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года отмечается, что "...рынок текстильного сырья во многом определяет успех развития отрасли в целом". В настоящее время акцент делается на следующих положениях [1]: натуральное сырье не может обеспечить потребности отрасли в целом, поэтому от-

расль активно использует химические волокна и импорт сырья; использование текстильных отходов, которые составляют до 65% объемов свалок, является одной из важных проблем переработки вторичного сырья в России.

Переработка вторичного сырья является одной из актуальных проблем в области устойчивого развития [2]. В соответствии с

данными Минприроды и "Гринписа" в России перерабатывается менее 5% мусора – все остальное сжигается и остается на полигонах [3].

Текстильные отходы представлены различными материалами, в первую очередь, это негодные: одежда, мягкая мебель, ковры, белье (простыни, полотенца и т.п.). Каждый год в России формируется от 60 до 70 млн. тонн твердых бытовых отходов. При этом объем текстильных отходов оценивается от 3 до 7% твердых бытовых отходов. Следовательно, не менее 2 млн. тонн в год одежды и обуви направляется на свалки. Срок разложения на свалках для этой группы отходов составляет до 200 лет [3]. Такой вид текстильных отходов попадать на свалки не должен.

Вторичный текстиль формируется также в различных государственных и частных структурах:

- в социальной инфраструктуре (дома отдыха, гостиницы, больницы, санатории, детские сады, учреждения общественного питания и т.п. организации);
- в учреждениях и организациях (спец. одежда, мягкая мебель и т.п.);
- отходы текстильных производств, ателье, мастерских.

Направления вторичного использования текстильных отходов разнообразны, например:

- повторное использование одежды и обуви;
- сырье для производства стройматериалов;
- обтирочная ветошь;
- переработка вещей, которые непригодны для дальнейшего использования по назначению, в новые продукты.

Специфика работы с текстильными отходами заключается в том, что:

- они хорошо впитывают влагу и запахи, поэтому требуют отдельного сбора и хранения;
- требуется ручная сортировка по составу и подготовка к переработке (наличие фурнитуры);
- совокупные затраты на переработку значительно выше стоимости вторичного сырья.

В результате нет серьезной заинтересованности в использовании текстиля и продолжается его общее, вместе с другими видами твердых бытовых отходов, захоронение.

Состояние и перспективы решения проблемы. В рыночных условиях, в первую очередь, осуществляется сбор и утилизация отходов, характеризующихся высокой ликвидностью (отходы, содержащие металлы, стекло, пластик). Однако такой подход не отвечает современным требованиям круговой (рециркуляционной) экономики [4], [5]. В связи с этим как зарубежные, так и российские специалисты все большее внимание уделяют проблеме переработки текстильных отходов. Они отмечают, что текстильная и швейная промышленности должны претерпеть изменения. В этих отраслях производятся вещи, чаще из природного сырья, которые не ориентированы на повторное использование или дальнейшую переработку по окончании жизненного цикла. Так, например, только от 3 до 8% изделий из текстиля, которые потребляются в ЕС в течение каждого года, подвергаются переработке [6]. Проблема усугубляется тем, что в период с 1960 по 2015 гг. объем текстильных отходов вырос более чем в 9 раз (с 1,76 до 16 млн. т). При одновременном уменьшении цикла использования одежды на 36 % [7].

В Швеции, стране, которая лидирует по уровню переработки отходов, на 1 жителя приходится 8 кг мусора в виде старой одежды. Кроме расширения объемов переработки текстильных отходов в стране проводится большая разъяснительная работа среди населения. Пример сокращения затрат, связанных с производством одной новой футболки (1,5 тыс. литров воды и 1 кг химикатов, образование 4...10 кг парниковых газов), воодушевляет. Планируемая система мер по сокращению объема текстильных отходов должна привести к их уменьшению на 60 %. В 2025 г. на 1 жителя будет приходиться 3 кг таких отходов [8].

В настоящее время в Эстонии перерабатывается около 25% текстильных отхо-

дов, в планах в 2025 г. использовать их на 55%, а в 2035 г. – до 65% [9].

В решении проблемы переработки текстильных отходов показателен опыт компаний Lindstrom и Rester Oy, которые сотрудничают в области создания Скандинавского промышленного предприятия, осуществляющего рециклинг этого вида отходов. В настоящее время в компании Lindstrom на территории Финляндии образуется 400 тонн в год использованной спецодежды, и только 5 % из этого объема направляется на переработку. Как отмечают многие специалисты, в том числе российские, рынок спецодежды постоянно растет [10, с. 31].

Фирма Rester начинает с 2021 г. перерабатывать использованную спецодежду, поставляемую всеми подразделениями компании Lindstrom в Финляндии, и ресторанный текстиль на заводе Paimito (Финляндия) с целью последующего использования полученных продуктов в промышленности. Ежегодно компания Rester предполагает перерабатывать 500 тонн в год текстильных отходов, 80 % которых составит спецодежда. Планы Lindstrom предполагают, что в 2025 г. будет достигнут 100% рециклинг спецодежды и подобных отходов компании по всему миру [6].

Взаимодействие компаний Lindstrom и Rester отражает новый подход Скандинавии к решению проблемы текстильных отходов. Это пример системного решения данной проблемы. Вместо утилизации (сжигания с целью рекуперации энергии) Rester на своем предприятии в Паймио нашла способ эффективной переработки почти 100 % текстильных изделий, содержащих большое количество включений (различные волокна, материалы, пуговицы, кнопки, застежки). Готовой продукцией завода являются волокна, которые будут использованы для получения пряжи, тканей, в том числе технического назначения (например, изоляционные, композитные материалы, акустические панели для строительной промышленности). Новизна подхода состоит также в том, что текстильные отходы предполагается перерабатывать на

месте их образования. Поэтому значительную часть бизнеса компания располагает в Азии. В настоящее время компания ищет партнеров в Индии и Китае для организации переработки текстиля [6].

На основании вышеизложенного можно заключить, что долгосрочная стратегия текстильной промышленности в области рециркулярной экономики – это сокращение использования первичного сырья и организация производства высококачественных волокон из переработанных материалов на основе разработки и использования новых инновационных подходов. Нужно стремиться к переработке, обеспечивающей "...более высокое качество, чем у исходного материала...", и энергоэффективной утилизации [9].

Результаты исследования. Следует отметить, что в последние годы в России ситуация с утилизацией бытовых отходов значительно изменилась. Утверждена и реализуется Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г. [11]. В настоящее время имеются методические рекомендации по осуществлению отдельного накопления и сбора твердых коммунальных отходов, которые определяют общую схему движения твердых коммунальных отходов [12]. С нашей точки зрения, необходимо более предметно методически обеспечить эффективную переработку текстильных отходов. С этой целью предложено :

- разработать и реализовать специальную схему движения текстильных отходов (сбор, сортировка, переработка, реализация продукции из вторичного текстиля);
- разработать и использовать системы стимулирования переработки текстильных отходов (субсидирование, налоговые льготы и другие меры).

В процессе исследования использовались следующие научные подходы: анализ, структуризация (при разработке схемы движения текстильных отходов), формирование (при разработке требований переработки текстильных отходов).

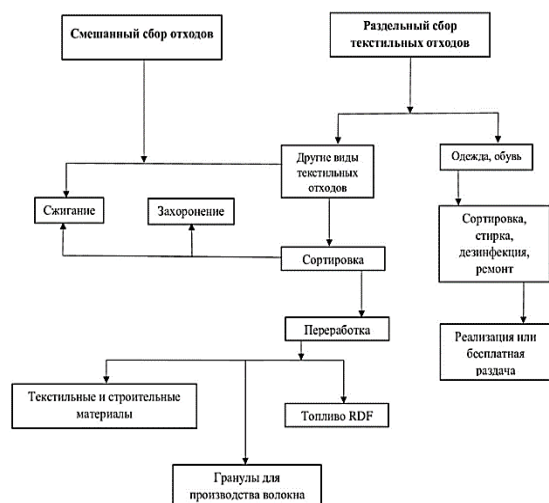


Рис. 1

В результате анализа классификаций и возможных вариантов переработки [3],

[13...38] была разработана схема движения текстильных отходов, представленная на рис. 1.

Как указывалось выше, многие отходы текстильной промышленности мало- или неликвидны. Суммарные расходы на трансформацию старого текстиля составляют около 60 руб./кг. В зависимости от вида материала, продажа сырья позволяет вернуть от 3 до 25 руб. / кг [13]. Поэтому предприятиям этой сферы требуется поддержка. В связи с этим возникает вопрос о стимулировании использования вторичного текстиля. Опираясь на отечественный и зарубежный опыт, была разработана система мер по стимулированию переработки текстильных отходов, представленная в табл. 1.

Таблица 1

Наименование мероприятия	Содержание мероприятия
Стимулирование предприятий малого и среднего бизнеса, осуществляющих переработку текстильных отходов	Полное или частичное субсидирование ставок по кредитам в проекты повторного использования текстиля
	Снижение налогов, налоговые каникулы (налог на имущество, прибыль)
Стимулирование реализации товаров, полученных в результате переработки текстильных отходов	Популяризация концепции "разумного благосостояния", разумного, экономного потребления, приобретения "зеленых товаров"
	Снижение НДС на товары, полученные при переработке текстильных отходов
Стимулирование населения к разделному сбору мусора	Частичное освобождение от уплаты взносов за вывоз мусора
	Организация пунктов приема, скидки в магазинах за сдачу вторичного текстиля
	Плата за вторичный текстиль при его сдаче

Примечание. Источник: составлено авторами на основе [3], [13], [34], [38].

Обсуждение результатов. Из приведенных на рис. 1 данных следует, что возможен смешанный и раздельный сбор текстильных отходов. Более предпочтителен раздельный сбор отходов, так как при этом сохраняется их качество. Например, это необходимо для того, чтобы одежда, обувь были использованы в дальнейшем, как "second hand". При этом потребуются следующие подготовительные операции: сортировка, стирка, дезинфекция, ремонт. В Великобритании, например, по прямому назначению используется половина собранной одежды.

Вещи, непригодные для носки, вместе с другими текстильными отходами направ-

ляются в утилизацию или переработку. При переработке также необходима сортировка текстильных отходов (для отделения фурнитуры или выделения текстиля из однородного полиэстера (лавсана) и т.п.), может быть реализовано несколько различных направлений переработки: производство текстильных и строительных материалов из изношенной одежды, обуви, других видов текстильных отходов; производство экологически чистого альтернативного топлива RDF из текстильных отходов; переработка выделенного однородного полиэстера на специальном оборудовании 7GreenLine, для получения гранул и применение их в качестве добавки при

производстве нового волокна, что обеспечит процесс рециркуляции одежды.

Рекомендуется выбрать в качестве пилотных площадок Москву, Санкт-Петербург, Новосибирск. Жизнь в мегаполисе, дань быстро меняющейся моде приводят к постоянному обновлению гардероба. В Москве формируется более 450 тыс. тонн отходов текстильных изделий в год. В этих городах складывается сеть организаций, использующих текстильные отходы. Примером служат благотворительные фонды, такие как "Дари добро", "Второе дыхание" [39] и т. п. Фонд "Второе дыхание" проводит различные временные акции, например: вывоз вещей из дома; установки контейнеров в магазинах и кофейнях; проект переработки синтетической одежды в канцелярские ручки; магазины марки "Добро-хэнд"; создание социальных ремонтных мастерских "Repair cafe".

Перспективным направлением является сервис по предоставлению в аренду рабочей одежды Lindström [17]. Его создание и разработка были направлены на реализацию принципов "круговой экономики".

Следует отметить также, что часть специалистов считает возможность повторного использования вещей ("Reuse") даже более прогрессивным направлением, чем "recycle". "Шеринг-экономика" – это важный элемент устойчивого развития и ответственного потребления в будущем" [40].

Предприятия, занимающиеся сбором, переработкой, утилизацией текстильных отходов, нуждаются в разносторонней поддержке. В первую очередь это касается малых и средних производств и благотворительных фондов. В ряде случаев необходимо их полное или частичное субсидирование, снижение ставок по кредитам для производств, осуществляющих переработку и повторное использование текстиля. Местные региональные органы могут поддерживать такие начинания, снизив ставки налогов, или предоставить налоговые каникулы (по налогу на имущество, прибыль).

Со стороны государства возможно стимулирование реализации товаров, полученных в результате переработки тек-

стильных отходов путем снижения НДС на такие товары.

Одновременно необходима большая воспитательная работа с населением. Положительные результаты в этой области имеются в Скандинавии, странах ЕС, где осуществляется пропаганда концепции разумного, экономного потребления, приобретения "зеленых товаров". Хорошие результаты получены в странах ЕС в связи с раздельным сбором мусора.

Для стимулирования российского населения к участию в процессе рециркуляции текстиля можно рекомендовать:

- частичное освобождение от уплаты взносов за вывоз мусора;
- организацию пунктов приема и установление скидок в магазинах за сдачу вторичного текстиля;
- плату за вторичный текстиль при его сдаче.

В Ы В О Д Ы

В результате выполненного исследования установлено, что в настоящее время в России существует потребность в улучшении организации и поддержании рециркуляции текстильных отходов. С этой целью разработаны схема движения текстильных отходов и система мероприятий по стимулированию их переработки.

Внедрение данных организационных мероприятий позволит стимулировать предприятия к использованию отходов и повысить полноту их сбора, переработки и утилизации.

В качестве пилотных площадок для реализации программ по использованию бытовых текстильных отходов рекомендуются крупные города, в которых, с одной стороны, формируется большое количество текстильных отходов, а с другой стороны – создаются сети организаций, использующих текстильные отходы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Стратегия развития легкой промышленности в Российской Федерации. Проект. [Электронный ресурс]. Сайт Министерства промышленности, торговли, предпринимательства Нижегородской обла-

сти – Режим доступа: <https://minprom.government-npov.ru/?id=101183> (дата обращения: 05.04.2021).

2. *Eliseeva E.* Environmental management as an important element of the concept of sustainable development of the organization / 19th International multidisciplinary scientific GEOconference SGEM 2019. – Albena, Bulgaria. P. 299...306.

3. "Зеленые" патенты в России: четыре главных тенденции (РБК): [Электронный ресурс]. СайтРБК – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ffec4449a7947cbec418575?from=newsfeed> (дата обращения: 12.05.2021).

4. *Kostygova L.* Use of waste of production – the perspective direction of development of circular economy in the industry of Russia // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019 Conference proceedings. – 2019. P. 911...918.

5. *Kostygova L., Melnik M.* Improvement of the policy of rational environmental management // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019 Conference proceedings. – 2019. P.401...406.

6. Lindstrom и Rester начинают сотрудничество по переработке текстильных отходов [Электронный ресурс]. Сайт [lindstromgroup](http://lindstromgroup.com) – Режим доступа: <https://lindstromgroup.com/ru/article/rester/> (дата обращения: 12.05.2021).

7. Текстильные отходы выросли на 811 % с 1960 года [Электронный ресурс]. Примпогода – Режим доступа: https://primpogoda.ru/news/ecology/tekstilnye_othody_vyrosli_na_811_s_1960_goda (дата обращения: 12.05.2021).

8. Нулевые отходы: как в Швеции решают проблему мусора [Электронный ресурс]. Сайт ТАСС – Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/4285030> (дата обращения: 12.05.2021)

9. Переработка текстильных отходов требует более эффективных технологий [Электронный ресурс]. Сайт ERR.ee – Режим доступа: <https://rus.err.ee/1608199483/pererabotka-tekstilnyh-othodov-trebuuet-bolee-jeffektivnyh-tehnologij> (дата обращения: 12.05.2021)

10. *Полежаев М.С.* Мировой рынок спецодежды и перспективы его развития в условиях пандемии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, №3. С. 30...35.

11. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf> (дата обращения: 12.05.2021).

12. Методические рекомендации по осуществлению раздельного накопления и сбора твердых коммунальных отходов. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Письмо от 26 октября 2020 г. N 05-25-53/28263 [Электронный ресурс]. КонсультантПлюс – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_374302/ (дата обращения: 12.05.2021)

13. Системы управления бытовыми отходами разных стран: Рецепты для России [Электронный ресурс]. Институт экономики роста им Столыпина П.А. – Режим доступа: <https://stolypin.institute/wp-content/uploads/2019/10/sistemy-utilizatsii-othodov-raznyh-stran-25-09-2019.pdf> (дата обращения: 12.05.2021)

14. Характеристика и основные технологии переработки текстильных отходов [Электронный ресурс]. Отраслевой портал Отходы.Ру – Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=307> (дата обращения: 12.05.2021)

15. Классификация текстильных отходов [Электронный ресурс]. Отраслевой портал Отходы.Ру – Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=305> (дата обращения: 12.05.2021)

16. Текстильные отходы: переработка и нерешенные проблемы [Электронный ресурс]. Отраслевой портал Отходы.Ру – Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=513> (дата обращения: 12.05.2021)

17. Текстильные отходы представляют собой глобальную проблему – химическое растворение может стать решением [Электронный ресурс]. Сайт [Lindstromgroup](http://Lindstromgroup.com) – Режим доступа: <https://lindstromgroup.com/by/article/textile-waste-global-challenge-chemical-dissolving-might-solution/> (дата обращения: 12.05.2021)

18. Особенности переработки текстильных отходов [Электронный ресурс]. Сайт ГК Нетмус – Режим доступа: <https://netmus.ru/press-center/articles/osobennosti-pererabotki-tekstilnyh-othodov/> (дата обращения: 12.05.2021)

19. Переработка ткани и утилизация текстиля в России [Электронный ресурс]. Промпарк С11 – Режим доступа: <https://xn--11-nmc.xn--p1ai/news/pererabotka-tkani-i-utilizaciya-tekstilya-v-rossiyu> (дата обращения: 12.05.2021)

20. Переработка отходов швейного и текстильного производства [Электронный ресурс]. Сайт Bezotxodov.ru (жизнь без отходов) – Режим доступа: <https://bezotxodov.ru/jekologija/othody-shvejnogo-proizvodstva> (дата обращения: 12.05.2021)

21. Переработка текстиля [Электронный ресурс]. Сайт Кристалл чистоты – Режим доступа: <https://www.ekosferaplus.ru/utilizatsiya-promyshlennykh-otkhodov/tekstil/> (дата обращения: 12.05.2021)

22. Утилизация текстильных отходов [Электронный ресурс]. Утильвторпром – Режим доступа: <https://xn--80ancaco1ch7azg.xn--j1amh/ru/utilizatsiya-othodov/utilizatsiya-tekstilnyh-othodov/> (дата обращения: 12.05.2021)

23. Текстильные отходы [Электронный ресурс]. Сайт группы компаний Логика – Режим доступа: <https://logikamed.ru/services/tekstilnyie-otxodyi> (дата обращения: 20.10.2021)

24. Утилизация и Переработка текстильных отходов [Электронный ресурс]. Сайт ТОО "Таза

элемент" – Режим доступа: <http://cleanworld.kz/index.php/services/14-exception-sint-occaecat> (дата обращения: 12.05.2021)

25. Переработка текстиля: почему она становится всё популярнее? [Электронный ресурс]. Сайт ООО НПО "РЕЦИКЛ" – Режим доступа: <http://nporecycle.ru/articles/pererabotka-tekstilya-rochemu-ona-stanovitsya-vsye-populyarnee/> (дата обращения: 12.05.2021)

26. Перспективы вторичного использования и переработки текстильных отходов в Республике Башкортостан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://usptu-bulletin.ru/index.php/bul/article/view/10085> (дата обращения: 12.05.2021)

27. Текстильные отходы: переработка и нерешенные проблемы [Электронный ресурс]. Отраслевой ресурс. Твердые бытовые отходы – Режим доступа: <http://www.solidwaste.ru/publ/view/358.html> (дата обращения: 12.05.2021)

28. *Карташова В.И., Азанов Р.З., Давлетбаев И.Г.* К вопросу использования текстильных отходов швейного производства из синтетических волокон // Вестник Казанского технологического университета. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ispolzovaniya-tekstilnyh-othodov-shveynogo-proizvodstva-iz-sinteticheskikh-volokon> (дата обращения: 24.05.2021).

29. Переработка отходов швейного и текстильного производства [Электронный ресурс]. Сайт Bezotxodov.ru (жизнь без отходов) – Режим доступа: <https://bezotxodov.ru/jekologija/othody-shvejnogo-proizvodstva> (дата обращения: 12.05.2021)

30. Основные направления хозяйственного использования текстильных отходов [Электронный ресурс]. Legport.ru Легкая промышленность – Режим доступа: <https://legport.ru/articles/24883/> (дата обращения: 12.05.2021)

31. "Второе дыхание": повторное использование и переработка текстиля [Электронный ресурс]. Устойчивые города 2021 – Режим доступа: <https://plus-one.ru/ecology/2020/08/24/vtoroe-dyhanie-povtorno-ispolzovanie-i-pererabotka-tekstilya> (дата обращения: 12.05.2021)

32. *Герасимович Е.М.* Проблемы и перспективы вторичной переработки отходов текстильной промышленности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №5-1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-vtorichnoy-pererabotki-othodov-tekstilnoy-promyshlennosti> (дата обращения: 24.10.2021).

33. *Бекмуродова О.А.К., Илюшина С.В., Минязова А.Н.* Проблемы переработки отходов текстильной и легкой промышленности // Архивариус. – 2016. №10 (2). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-pererabotki-othodov-tekstilnoy-i-legkoj-promyshlennosti> (дата обращения: 24.10.2021).

34. *Rajkishore Nayak, Asis Patnaik.* Waste Management in the Fashion and Textile Industries - Woodhead Publishing. – 2021 P. 358

35. *Youjiang Wang.* Recycling in Textiles. – Woodhead Publishing, 2006. P.248

36. *Trevor Letcher, Daniel Vallero.* Waste.– Academic Press, 2011. P. 604

37. Recycling Textile and Plastic Waste / Woodhead Publishing. – 1996. P. 192

38. *Marion Tobler-Rohr.* Handbook of Sustainable Textile Production. – Woodhead Publishing, 2011. P. 520

39. Второе дыхание фонд [Электронный ресурс]. Второе дыхание. Фонд – Режим доступа: https://vtoroe.ru/?gclid=EAIaIQobChMIH-ryofh8wIVSeuyCh2OpQRoEAAYAyAAEgI_6vD_BwE (дата обращения: 12.05.2021)

40. Как экоцентр "Сборка" работает после изоляции и почему именно здесь лучше всего делать первые шаги к разделному сбору [Электронный ресурс]. ASI Агентство социальной информации – Режим доступа: https://www.asi.org.ru/2020/06/23/vse-v-sborke/?gclid=EAIaIQobChMIH-ryofh8wIVSeuyCh2OpQRoEAAYBCAAEgKXvfD_BwE (дата обращения: 12.10.2021)

REFERENCES

1. Strategiya razvitiya legkoj promyshlennosti v Rossijskoj Federatsii. Proekt. [Elektronnyy resurs]. Sayt Ministerstva promyshlennosti, trgovli, predprinimatel'stva Nizhegorodskoy oblasti – Rezhim dostupa: <https://minprom.government-nnov.ru/?id=101183> (data obrashcheniya: 05.04.2021).

2. Eliseeva E. Environmental management as an important element of the concept of sustainable development of the organization / 19th International multidisciplinary scientific GEOconference SGEM 2019. – Albena, Bulgaria. P. 299...306.

3. "Zelenye" patenty v Rossii: chetyre glavnykh tendentsii (RBK): [Elektronnyy resurs]. Sayt RBK – Rezhim dostupa: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ffec4449a7947cbec418575?from=newsfeed> (data obrashcheniya: 12.05.2021).

4. Kostygova L. Use of waste of production – the perspective direction of development of circular economy in the industry of Russia // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019 Conference proceedings. – 2019. P. 911...918.

5. Kostygova L., Melnik M. Improvement of the policy of rational environmental management // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019 Conference proceedings. – 2019. P. 401...406.

6. Lindstrom i Rester nachinayut sotrudnichestvo po pererabotke tekstil'nykh otkhodov [Elektronnyy resurs]. Sayt [lindstromgroup](http://lindstromgroup.com) – Rezhim dostupa: <https://lindstromgroup.com/ru/article/rester/> (data obrashcheniya: 12.05.2021).

7. Tekstil'nye otkhody vyrosli na 811 % s 1960 goda [Elektronnyy resurs]. Primogoda – Rezhim dostupa: https://primogoda.ru/news/ecology/tekstilnye_othody_vyrosli_na_811_s_1960_goda (data obrashcheniya: 12.05.2021).
8. Nulevye otkhody: kak v Shvetsii reshayut problemu musora [Elektronnyy resurs]. Sayt TASS – Rezhim dostupa: <https://tass.ru/obschestvo/4285030> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
9. Pererabotka tekstil'nykh otkhodov trebuetsya bolee effektivnykh tekhnologiy [Elektronnyy resurs]. Sayt ERR.ee – Rezhim dostupa: <https://rus.err.ee/1608199483/pererabotka-tekstilnyh-othodov-trebuetsya-bolee-jeffektivnyh-tehnologij> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
10. Polezhaev M.S. Mirovoy rynek spetsodezhdy i perspektivy ego razvitiya v usloviyakh pandemii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.. – 2021, №3. S. 30...35.
11. Strategiya razvitiya promyshlennosti po obrabotke, utilizatsii i obezvrezhivaniyu otkhodov proizvodstva i potrebleniya na period do 2030 goda [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf> (data obrashcheniya: 12.05.2021).
12. Metodicheskie rekomendatsii po osushchestvleniyu razdel'nogo nakopleniya i sbora tverdykh kommunal'nykh otkhodov. Ministerstvo prirodnikh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii. Pis'mo ot 26 oktyabrya 2020 g. N 05-25-53/28263 [Elektronnyy resurs]. Konsul'tantPlyus – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_374302/ (data obrashcheniya: 12.05.2021)
13. Sistemy upravleniya bytovymi otkhodami raznykh stran: Retsepty dlya Rossii [Elektronnyy resurs]. Institut ekonomiki rosta im Stolypina P.A. – Rezhim dostupa: <https://stolypin.institute/wp-content/uploads/2019/10/sistemy-utilizatsii-othodov-raznyh-stran-25-09-2019.pdf> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
14. Kharakteristika i osnovnye tekhnologii pererabotki tekstil'nykh otkhodov [Elektronnyy resurs]. Otrasevoy portal Otkhody.Ru – Rezhim dostupa: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=307> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
15. Klassifikatsiya tekstil'nykh otkhodov [Elektronnyy resurs]. Otrasevoy portal Otkhody.Ru – Rezhim dostupa: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=305> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
16. Tekstil'nye otkhody: pererabotka i nereshennyye problemy [Elektronnyy resurs]. Otrasevoy portal Otkhody.Ru – Rezhim dostupa: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=513> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
17. Tekstil'nye otkhody predstavlyayut soboy global'nyu problemu – khimicheskoe rastvorenie mozhet stat' resheniem [Elektronnyy resurs]. Sayt Lindstromgroup – Rezhim dostupa: <https://lindstromgroup.com/by/article/textile-waste-global-challenge-chemical-dissolving-might-solution/> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
18. Osobennosti pererabotki tekstil'nykh otkhodov [Elektronnyy resurs]. Sayt GK Netmus – Rezhim dostupa: <https://netmus.ru/press-center/articles/osobennosti-pererabotki-tekstilnyh-othodov/> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
19. Pererabotka tkani i utilizatsiya tekstilya v Rossii [Elektronnyy resurs]. Prompark S11 – Rezhim dostupa: <https://xn--11-nmc.xn--p1ai/news/pererabotka-tkani-i-utilizatsiya-tekstilya-v-rossiiy> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
20. Pererabotka otkhodov shveytnogo i tekstil'nogo proizvodstva [Elektronnyy resurs]. Sayt Bezotxodov.ru (zhizn' bez otkhodov) – Rezhim dostupa: <https://bezotxodov.ru/jekologija/othody-shveytnogo-proizvodstva> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
21. Pererabotka tekstilya [Elektronnyy resurs]. Sayt Kristall chistoty – Rezhim dostupa: <https://www.ekosferaplus.ru/utilizatsiya-promyshlennykh-othodov/tekstil/> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
22. Utilizatsiya tekstil'nykh otkhodov [Elektronnyy resurs]. Util'vtorprom – Rezhim dostupa: <https://xn--80ancaco1ch7azg.xn--j1amh/ru/utilizatsiya-othodov/utilizatsiya-tekstilnyh-othodov/> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
23. Tekstil'nye otkhody [Elektronnyy resurs]. Sayt gruppy kompaniy Logika – Rezhim dostupa: <https://logikamed.ru/services/tekstilnyie-otxodyi> (data obrashcheniya: 20.10.2021)
24. Utilizatsiya i Pererabotka tekstil'nykh otkhodov [Elektronnyy resurs]. Sayt TOO "Taza aemdik" – Rezhim dostupa: <http://cleanworld.kz/index.php/services/14-excepteur-sint-occaecat> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
25. Pererabotka tekstilya: pochemu ona stanovitsya vse populyarnee? [Elektronnyy resurs]. Sayt NPO "RETSIKL" – Rezhim dostupa: <http://nporecycle.ru/articles/pererabotka-tekstilya-pochemu-ona-stanovitsya-vsye-populyarnee/> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
26. Perspektivy vtorichnogo ispol'zovaniya i pererabotki tekstil'nykh otkhodov v Respublike Bashkortostan [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://usptu-bulletin.ru/index.php/bul/article/view/10085> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
27. Tekstil'nye otkhody: pererabotka i nereshennyye problemy [Elektronnyy resurs]. Otrasevoy resurs. Tverdye bytovye otkhody – Rezhim dostupa: <http://www.solidwaste.ru/publ/view/358.html> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
28. Kartashova V.I., Azanov R.Z., Davletbaev I.G. K voprosu ispol'zovaniya tekstil'nykh otkhodov shveytnogo proizvodstva iz sinteticheskikh volokon // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ispol-zovaniya-tekstilnyh-othodov-shveytnogo-proizvodstva-iz-sinteticheskikh-volokon> (data obrashcheniya: 24.05.2021).

29. Pererabotka otkhodov shveytnogo i tekstil'nogo proizvodstva [Elektronnyy resurs]. Sayt Bezotxodov.ru (zhizn' bez otkhodov) – Rezhim dostupa: <https://bezotxodov.ru/jekologija/othody-shvejtnogo-proizvodstva> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
30. Osnovnye napravleniya khozyaystvennogo ispol'zovaniya tekstil'nykh otkhodov [Elektronnyy resurs]. Legport.ru Legkaya promyshlennost' – Rezhim dostupa: <https://legport.ru/articles/24883/> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
31. "Vtoroe dykhanie": povtorno ispol'zovanie i pererabotka tekstilya [Elektronnyy resurs]. Ustoychivye goroda 2021 – Rezhim dostupa: <https://plus-one.ru/ecology/2020/08/24/vtoroe-dykhanie-povtorno-ispolzovanie-i-pererabotka-tekstilya> (data obrashcheniya: 12.05.2021)
32. Gerasimovich E.M. Problemy i perspektivy vtorichnoy pererabotki otkhodov tekstil'noy promyshlennosti // Aktual'nye problemy gumanitar'nykh i estestvennykh nauk. 2016. №5-1. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-vtorichnoy-pererabotki-othodov-tekstilnoy-promyshlennosti> (data obrashcheniya: 24.10.2021).
33. Bekmurodova O.A.K., Ilyushina S.V., Minyazova A.N. Problemy pererabotki otkhodov tekstil'noy i legkoy promyshlennosti // Arkhivarius. – 2016. №10 (2). [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-pere-rabotki-othodov-tekstilnoy-i-legkoy-promyshlennosti> (data obrashcheniya: 24.10.2021).
34. Rajkishore Nayak, Asis Patnaik. Waste Management in the Fashion and Textile Industries - Woodhead Publishing. – 2021 R. 358
35. Youjiang Wang. Recycling in Textiles. – Woodhead Publishing, 2006. R.248
36. Trevor Letcher, Daniel Vallero. Waste.– Academic Press, 2011. R. 604
37. Recycling Textile and Plastic Waste / Woodhead Publishing. – 1996. P. 192
38. Marion Tobler-Rohr. Handbook of Sustainable Textile Production. – Woodhead Publishing, 2011. P. 520.
39. Vtoroe dykhanie fond [Elektronnyy resurs]. Vtoroe dykhanie. Fond – Rezhim dostupa: https://vtoroe.ru/?gclid=EAIaIQobChMIhI-ryofh8wIV-SeuyCh2OpQRoEAAyAAEgI_6vD_BwE (data obrashcheniya: 12.05.2021)
40. Kak ekotsentr "Sborka" rabotaet posle izolyatsii i pochemu imenno zdes' luchshe vsego delat' pervye shagi k razdel'nomu sboru [Elektronnyy resurs]. ASI Agentstvo sotsial'noy informatsii – Rezhim dostupa: https://www.asi.org.ru/2020/06/23/vse-v-sborke/?gclid=EAIaIQobChMIhI-ryofh8wIV-SeuyCh2OpQRoEAAyBCAAEgKXvFD_BwE (data obrashcheniya: 12.10.2021)

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга высокотехнологичных отраслей промышленности МАИ (НИУ). Поступила 25.10.21.

УДК 7.036:687.01:394.012(4)=(161.1)
DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_251

**ЭВОЛЮЦИЯ "РУССКОГО СТИЛЯ"
В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЖЕНСКОЙ МОДЕ ПЕРВОЙ ТРЕТИ XX ВЕКА**

**EVOLUTION OF "RUSSIAN STYLE" IN EUROPEAN WOMEN'S FASHION
OF THE FIRST THIRD OF THE 20TH CENTURY**

С.М. ВАНЬКОВИЧ

S.M. VANKOVICH

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: smvan2000@gmail.com

В статье рассматривается феномен развития "национального русского стиля" в европейской женской моде первых десятилетий XX века, инспирированный рядом причин и обстоятельств. Анализируются коллекции отечественных и зарубежных модельеров, выполненные в "русском стиле". Автором параллельно исследуются как стилеобразующие, так и средообразующие факторы, активно влияющие на формирование интернационального характера "русского стиля" в европейской женской моде первых трех десятилетий XX века.

The article studies the phenomenon of the development of the "national Russian style" in European women's fashion at the end of the 19th - beginning of the 20th centuries, inspired by a number of reasons and circumstances. The collection of Russian and foreign fashion designers, made in the "Russian style" was analyzed in the article. The author simultaneously studies both style-forming and environment-forming factors that actively influence the international character formation of "Russian style" in European women's fashion in the first third of the 20th century.

Ключевые слова: искусство, костюм, национальный русский стиль, кутюрье.

Keywords: art, costume, national russian style, couturier.

Мода всегда откликалась на значимые исторические события, своевременно отражая их в костюме. Художественный стиль

эпохи и предметная среда играли в этом процессе важную роль. Не случайно революционные общественно-политические пе-

ремены в истории русского государства на рубеже XVII - XVIII вв. нашли выражение в костюме привилегированных сословий. Петровские реформы, взяв курс на европеизацию отечественной культуры, запретили традиционный боярский костюм и рядом указов ввели иноземную моду. Средневековой Руси предстояло превратиться в Российскую империю в короткие сроки. С 1701 г. по 1724 гг. было издано 17 различных указов, регламентирующих правила ношения костюма европейского образца, типов тканей, отделку форменного и праздничного платья. [1]

Лишь спустя столетие начинает меняться менталитет в сторону роста национального самосознания, "...романтизм пробуждает интерес к прошлому своего отечества, к его исторической судьбе" [2, с.75]. Еще в последние десятилетия XVIII века в русском искусстве наблюдались активные поиски "национального стиля". Придворный дамский наряд оказался в определенном смысле зеркалом, демонстрирующим это состояние.

Первые проявления "русского национального стиля" в одежде мы наблюдаем еще в эпоху царствования Екатерины II. При российском дворе в течение длительного периода не существовало устоявшегося канона придворного женского костюма. Его силуэт, крой, цвет и характер отделки соответствовали существующей европейской моде, сильное влияние на которую оказывала Франция. Но уже с первых лет правления Николая I было принято несколько указов, строго регламентирующих внешний вид придворного женского костюма. "Традиции и придворный церемониал Русского двора окончательно сложились в правление императора Николая I, по указанию которого в 1826 г. было образовано Министерство Императорского двора..." [3, с.51]. Согласно новому утвержденному указу 1834 г., вошедшему в Свод законов Российской империи и просуществовавшему вплоть до 1917 г., парадный женский костюм представлял собой наряд, инспирированный эстетическим идеалом красоты боярских одежд XVII века. Придворный костюм был строго канонизиро-

ван [4]. Но в процессе развития европейских тенденций моды дамская форменная парадная одежда, решенная в "национальном стиле", постепенно претерпевала определенные изменения, не отвергая общую концепцию в создании "русского образа". Первоначально этот процесс наблюдался прежде всего в изменении отделочных деталей и аксессуаров. Эволюционируя во времени, на протяжении XIX века все чаще нарушался принятый канон: менялся силуэт дамского платья и его покроя, стали использоваться другие ткани, цветовая гамма также соответствовала современным трендам европейской моды. Это явление было очевидным, но, тем не менее, парадный женский костюм для особых мероприятий при российском дворе сохранял оригинальные черты национальной самобытности.

Проблема национального своеобразия в искусстве вообще и в отечественной моде в частности была необычайно актуальна как на протяжении всего XIX века, так и в первые годы XX столетия. Поэтому до известных событий 1917 г. придворное дамское платье, решенное в "русском стиле" являлось уникальным видом декоративно-прикладного искусства, лучшие образцы которого хранятся в крупнейших собраниях отечественных и зарубежных музеев.

На рубеже XIX–XX вв. Петербург заслуженно называли второй (после Парижа) столицей европейской моды. В начале XX столетия здесь было более сотни модных салонов, ателье и мастерских по изготовлению одежды. На Невском проспекте, на Моховой улице, на улице Троицкой (ныне ул. Рубинштейна) находились десятки таких предприятий [5]. Наиболее известным и знаменитым следует назвать Модный дом "Бризак" (1855-1917 гг.). Его открыли в Петербурге французские предприниматели на два года раньше, чем был основан первый Модный дом Чарльза Фредерика Ворта в Париже. Фирма семьи Бризака заслуженно получила звание "Поставщика двора Его Императорского величества", выполняя заказы для супруги Николая II Александры Федоровны и их дочерей. В начале XX века это было большое предприятие, на котором работали около 150 человек.

Иванова А.Т. – хозяйка петербургской мастерской модного дамского костюма создавала свои модели в конце XIX – начале XX вв. В ее салоне выполнялись заказы для светских дам и представительниц императорского двора. С начала XX в. мастерская Ивановой А.Т. получает официальное звание "Поставщицы двора Его Императорского величества", ее работы отмечались призовыми медалями на европейских и отечественных выставках.

Гиндус А. Г. являлась владелицей петербургского салона дамских мод с начала XX столетия по 1917 год. Она была одной из талантливых учениц известной французской портнихи Жанны Пакен. Ее вечерние модели дамских платьев по качеству исполнения и стилистическим характеристикам не уступали лучшим европейским образцам.

Особый ассортимент шитых золотом придворных дамских платьев выполняла модельер Бульбенкова О. Н. Она была создательницей модного салона "г-жа Ольга", специализировавшегося на шитье роскошных придворных нарядов. Известны модели Бульбенковой О. Н. для трех российских императриц: Марии Александровны, Марии Федоровны и Александры Федоровны. Поскольку так называемое русское придворное платье в качестве отделки предполагало золотное шитье, то золотошвейные работы часто исполнялись для "г-жи Ольги" в московских монастырях. Иногда вышивки придворных костюмов царской семьи выполняли золотошвей из Торжка. Работы русских вышивальщиц пользовались заслуженным успехом, они экспонировались на отечественных и зарубежных выставках. В 1893 г. в Чикаго были показаны два парадных платья с золотным шитьем, исполненные мастерицами Ивановского и Новодевичьего монастырей в Москве [6].

Развитию отечественной индустрии моды, казалось, были предоставлены эффективные возможности и открыты все пути. Но революционные перемены 1917 г. внесли свои коррективы и в эту область материально-художественной культуры. Все частные Модные дома и мастерские были

национализированы, а их владельцы, как правило, эмигрировали. Таким образом, профессиональный опыт, знания и традиции отечественных мастеров в области создания костюма были в одночасье потеряны. А в европейских городах, например, только в Париже, благодаря русским эмигрантам, в это время было открыто около двух десятков Модных домов, основанных нашими соотечественниками [7]. Такая ситуация, несомненно, способствовала распространению моды на "все русское".

В начале XX века отечественные художники, артисты и модельеры демонстрировали свое творчество на мировой художественной арене, оказывая значительное влияние на развитие европейской моды. Именно в этот период формирования "неорусского стиля", явившегося национальным проявлением модерна в России, русское искусство получило широкое распространение за рубежом.

Наиболее сильное воздействие на европейское искусство и моду начала XX века оказали "Русские сезоны" Дягилева (1908-1929 гг.), познакомившие зарубежных зрителей с национальным своеобразием русского костюма через уникальные театральные постановки. Весной 1908 г. состоялась оперная постановка "Борис Годунов" М.П. Мусоргского. К созданию костюмов и декораций для этого спектакля, выполненных в Эрмитажном театре, были привлечены художники А. Н. Бенуа, И. Я. Билибин и А. Я. Головин. Задача художников состояла в создании подлинной обстановки Московской Руси периода конца XVI – начала XVII века. По воспоминаниям Сержа Лифаря, для достижения поставленной цели С.П. Дягилев предпринял несколько поездок по стране, в ходе которых собирал оригинальные образцы народной материальной культуры: одежду, вышивки и ювелирные украшения.

В 1909 г. состоялись первые гастроли балетной труппы "Русских сезонов" в состав которой входили лучшие танцовщики и балерины своего времени: Анна Павлова, Вацлав Нижинский, Тамара Карсавина. Следующими, наиболее популярными постановками, представленными в рамках

первого сезона, были: опера А. П. Бородина "Князь Игорь"; опера Н. А. Римского-Корсакова "Псковитянка"; сюита русских танцев на музыку М. И. Глинки "Пир". Наибольшим интересом у зрителей среди перечисленных спектаклей пользовались "Половецкие пляски" из второго действия оперы "Князь Игорь", где был представлен образ Древней Руси и кочевых племен. Впоследствии театральные костюмы к таким постановкам, как "Жар-птица", "Весна священная", "Снегурочка", "Золотой петушок", оказали влияние на формирование собирательного образа женского русского национального костюма в зарубежных странах, культурно-символическими кодами которого стали сарафанный комплект, яркая цветовая гамма, крупный орнамент, высокий кокошник, меховые отделки и большое количество ювелирных украшений.

Французский писатель Луи Жилле так писал о "Русских сезонах": "Это было событие, неожиданность, порыв бури, своего рода, потрясение. "Шахерезада", "Князь Игорь", "Жар-птица", "Лебединое озеро", "Видение розы". Одним словом, я могу без преувеличения сказать, что моя жизнь делится на две части: до и после русских балетов. Все наши идеи, наши представления преобразились. Завеса упала с глаз" [7, с. 16].

Влияние театральных костюмов на современную моду известно давно, как впрочем, очевидна их взаимная роль в развитии материально-художественной культуры. Реакция парижской публики на спектакли труппы С. П. Дягилева свидетельствовала о влиянии двух тенденций "Русских сезонов" на европейскую моду. С одной стороны, художники и постановщики, обращаясь к народной русской культуре, демонстрировали в сценических постановках наиболее яркие черты национального характера, с другой – апеллируя к восточным темам, представляли ориентальную культуру, как составляющую некой большой внеевропейской цивилизации, которая воспринималась через призму российского менталитета. Благодаря "Русским сезонам" в европейскую моду начала XX века вошли элементы русского народного костюма и ори-

ентальные мотивы, которые объединились у зарубежного зрителя в единый экзотический образ.

В первые десятилетия XX века влияние русской культуры на европейскую моду XX века усилилось, она пребывала во власти "Русских сезонов". Зарубежные модельеры, с разной степенью увлеченности, находились под обаянием "русского стиля". Одним из первых модельеров начала XX века, обратившихся к русской культуре и искусству, стал создатель парижской моды Поль Пуаре. Наибольшая популярность пришла к нему в 1910-е годы, что по времени совпадало с представлением в Париже "Русских сезонов". В коллекциях известного французского модельера появились контрастные цветовые сочетания, характерные для костюмов, созданных Львом Бакстом: лилового и синего, желтого и красного, зеленого и оранжевого. Свои наряды Поль Пуаре щедро дополнял бахромой, мехом, крупной объемной вышивкой и стразами. Такие приемы декоративной отделки были характерны для театральных костюмов "Русских сезонов". Известный денди и эстет, знаменитый английский фотограф Сесиль Битон так отзывался об этом явлении. "Восток проник в европейскую моду в 1909 году, задолго до того, как им заразился высший свет Лондона, Парижа и Нью-Йорка: пришел он к нам из России, и передовой отряд возглавил юный Дягилев и близкий к нему художник Леон Бакст. Бакстовский творческий порыв вдохновил начинающего парижского кутюрье по фамилии Пуаре, и он сумел донести его до широкой публики <...>" [8, с. 127].

Помимо интереса к ориентальной тематике, Поль Пуаре создавал костюмы, вдохновленные национальной русской культурой. В 1911–1912-е гг., движимый интересом к постижению восточно-европейской культуры, он совершил продолжительный вояж, посетив несколько стран и городов, в том числе Москву и Санкт-Петербург. Москва произвела на парижского модельера неизгладимое впечатление. После поездки в Россию Полем Пуаре была создана знаменитая коллекция "Казань", в которой присутствовали модели с национальными

русскими мотивами. Несколько платьев он выполнил буквально из русских традиционных льняных скатертей. Прямой силуэт, геометрический крой и декоративная отделка (вышивка) этих моделей повторяли формы русских крестьянских сарафанов и рубашек. В предисловии к русскому изданию мемуаров Поля Пуаре "Одевая эпоху" А. А. Васильев писал: "Москву он полюбил! Ламанова<...> показала ему Кремль, Щукинский музей современной живописи и блошинный рынок на Сухаревке. Пуаре был в восторге от народных русских костюмов – сарафанов, косовороток, кокошников, кичек, шалей и платков – и привез их в Париж изрядное количество" [9, с. 11]. Даже спустя многие годы, Поль Пуаре сохранил память о посещении России. Его идея платья 1921 года из трикотажного полотна также была инспирирована историей десятилетней давности. Модель минималистичной формы имела свободный прямой крой, заниженная линия талии была акцентирована узким поясом с кистями. В декоративном оформлении модели присутствовали геометрические узоры, восходящие к орнаментам древней славянской вышивки.

После 1917 г. во многих зарубежных городах наблюдался горячий интерес к русскому искусству и культуре. Постепенно и другие Модные дома Парижа, Лондона и Берлина начали изготавливать коллекции в "русском стиле". В Германии до прихода к власти диктаторского режима было много русских ателье и салонов моды. Модный дом "Дреколь", располагавшийся в Берлине, представлял верхнюю одежду в "русском стиле". С парижскими Модными домами "Пакен" и "Шеруи" в эти годы сотрудничал знаменитый художник "Русских сезонов" Лев Бакст, который создал для них серию дневных и вечерних платьев, отличающихся богатством и выразительностью декоративной отделки, смелыми цветовыми сочетаниями и яркими аксессуарами.

Еще одним модельером, не равнодушным к русской культуре и сыгравшим определенную роль в судьбе "Русских сезонов", стала Габриэль Шанель. В отличие от многих своих современников она не воспроизводила модели в ориентальном стиле, хотя

с интересом посещала премьерные спектакли "Русских сезонов". Талантливые эмигранты из России сыграли важную роль в судьбе "Великой мадемуазель", впрочем, их взаимодействие было обоюдно плодотворным. Габриэль Шанель близко общалась и сотрудничала с известными русскими эмигрантами и деятелями культуры. В ее Модном доме работали выходцы из России: художники и администраторы, портные и манекенщицы. После окончания Первой мировой войны Габриэль Шанель познакомилась с Великим князем Дмитрием Павловичем. С этим романом был связан так называемый "русский период" ее творческой деятельности, во время которого французская модельер с большим энтузиазмом создавала в течение 1923-1924 гг. коллекции в стиле "a l'russe". "В те годы Шанель создала на основе "рубашки" – длинной свободной блузы с поясом, какую носят русские крестьяне, – модель, которая превратилась в униформу парижанок. Русское влияние здесь совершенно очевидно" [10, с.191].

Приемы интерпретаций "русского стиля" у зарубежных модельеров были достаточно разнообразны, что позволяло многим Модным домам создавать полноценные коллекции, которые пользовались большой популярностью у современников.

Однако, помимо зарубежных Модных домов, после революционных событий 1917 г., на модной арене западно-европейских стран зарождалось новое явление – мастерские, ателье и Модные дома, организованные отечественными эмигрантами. Лишенные привычной прежней жизни, оказавшись в Париже, многие из них пробовали свои силы в модной индустрии. Безупречный вкус, традиционное воспитание и хорошее образование позволяли нашим соотечественникам заниматься как разными видами рукоделия, так и созданием моделей одежды. Лучшие российские представители обеспечили в европейской моде тенденцию развития "русского стиля" на несколько лет.

Модный дом "Китмир" был организован Великой княгиней Марией Павловной Романовой и существовал с 1921 по 1928 гг.

Его штат состоял из русских эмигрантов, в совершенстве владеющих мастерством вышивки. Мастерицы выполняли современные модели для клиенток, создавая вышивки в национальном русском стиле.

Русский Модный дом "ТАО" был основан княгинями М. С. Трубецкой, М. М. Анненковой и Л. П. Оболенской и существовал в период с 1921 по 1928 гг. Ассортимент был представлен дамскими платьями модного в то время прямого силуэта с заниженной линией талии, в декоративную отделку которых вводились элементы русской вышивки по старинным образцам.

Модным домом, также обращавшимся при создании своих коллекций к русскому декоративно-прикладному искусству, был "ИТЕБ" (1922 - 1933 гг.), основанный Бетти Буззард (в девичестве баронесса Гойнинген-Гюне), которая ранее была фрейлиной императрицы Александры Федоровны. Модный дом "ИТЕБ" активно обращался к "русскому стилю", сделав его в 1920-е годы весьма популярным, что способствовало привлечению внимания к его деятельности многочисленных состоятельных клиентов. Традиционно Модный дом обеспечивал работой своих соотечественников, почти весь штат сотрудниц был из России.

Еще одним Модным домом, представлявшим модели в "русском стиле", являлся дом "ИРФЕ". Его создателями были супруги Юсуповы: княгиня Ирина и князь Феликс. Модный дом успешно существовал в Париже с 1924 по 1931 гг.. "Оригинальность, рафинированность вкуса, тщательность работы и художественное видение цвета сразу поставили это скромное ателье в ранг больших домов моды"[11, с.137]. В первые годы своей деятельности Модный дом "ИРФЕ" активно обращался к "русскому стилю", который являлся своеобразным приемом привлечения клиентов на волне популярности одежды "à la russe". Это были многочисленные заказы состоятельных (часто американских) клиенток на русские кокошники с ювелирным декором и тканые цветные пояса работы русской художницы Маревны, которая создавала пояса-кушаки с ручным тиснением и узорами

по старинным русским образцам. Успешная реклама и большое количество состоятельной клиентуры создали возможность Модному дому "ИРФЕ" открыть три филиала: в Нормандии, Лондоне и Берлине.

Следует заметить, что русская тема в творчестве отечественных модельеров не ограничивалась восточно-славянскими образами: кавказские, татарские, монгольские и другие национальные мотивы многочисленных народов российской империи встречались в коллекциях российских Модных домов, что расширяло диапазон художественных идей при создании современных моделей одежды.

Таким образом, можно выделить несколько важных причин, инициировавших популяризацию "русского стиля" в европейской моде первых десятилетий XX века.

- Уникальность придворного костюма, существовавшего при российском дворе с 1834 по 1917 гг. Эти модели выполнялись, как правило, отечественными модельерами в петербургских салонах и Модных домах.

- "Русские сезоны" Дягилева (1908-1929 гг.), познакомившие зарубежных зрителей с национальным своеобразием русского костюма через театральные постановки, осуществленные талантливыми отечественными художниками.

- Популяризация "русского стиля" в коллекциях известных зарубежных модельеров в первые десятилетия XX века.

- События 1917 г. в России, породившие волну русской эмиграции, когда отечественные изгнанники открыли только в Париже более двадцати Домов мод и ателье. Их работы, выполненные в тенденциях современной европейской моды, также обладали элементами традиционного русского костюма (крой, декор и аксессуары).

Развитие европейского женского костюма рассматриваемого времени зависело как от художественно-стилистических причин, так и от конкретных исторических процессов, происходящих в обществе. Таким образом, в формировании модных тенденций интернационального характера определенную роль для развития "национального русского стиля" играли, как стили-

образующие, так и средообразующие факторы.

Общественно-политическая и художественная жизнь нашей страны этого периода обусловили актуальность "русского стиля", которая не теряет черты национального своеобразия в современной российской моде. Проблема возрождения национальных традиций в отечественной моде была значительной и в советский период. Ее реализация была связана с идеологическими установками и воплощалась достаточно своеобразно. Пересекались элементы русского народного костюма и традиционные национальные черты. Акцентировались фрагменты так называемой брендовой, сувенирной тематики. Вместе с тем "национальный русский стиль" характеризовался большим идейно-художественным разнообразием и определенной внутренней противоречивостью. На примере разработок коллекций крупнейших Домов моделей нашей страны (ОДМО, ЛДМО) можно проследить эту тенденцию.

Сегодня в российской моде национальная тема в костюме остается также востребованной и актуальной. В творчестве отдельных модельеров мы наблюдаем очевидные успехи в ее решении, но примеры обращения отечественных создателей костюма к этой теме не всегда отличаются широким диапазоном органичного использования традиционных принципов и форм национального русского костюма. Очевидно, для успешного решения этой проблемы необходимо учитывать соответствующий опыт прошлых исторических эпох.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вышел указ Петра I "О ношении платья на манер венгерского" / Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина // URL: <https://www.prilib.ru/history/618943> (дата обращения: 12.06.2021)

2. Ванькович С. М. Костюм в плену эклектики: архитектурно-стилистические ассоциации. М.: АВАТАР, 2015.

3. Тарасова Н.И. Из истории церемониальных костюмов русского императорского двора // Мода и дизайн: исторический опыт – новые технологии / Матер. XXIV Междунар. науч. конф. / Под ред. Н. М. Калашниковой. – СПб.: СПбГУПТД, 2021.

4. Шепелев Л.Е. Чиновный мир России: XVIII – начало XX в. – СПб.: Искусство СПб, 1999.

5. Весь Петербург на 1912 год: адресная и справочная книга г. С.-Петербурга. - [СПб.] : издание А.С. Суворина, [1912]. - 1209 с., 2492 стб. : ил., пл. – РНБ. // URL: <https://vivaldi.nlr.ru/bx000020512/view> (дата обращения: 09.06.2021).

6. Придворные шлейфы // URL: <https://lamanova.com> (дата обращения: 10.06.2021).

7. Васильев А.А. Красота в изгнании. Творчество русских эмигрантов первой волны: Искусство и мода. – Изд. 8-е. – М.: СЛОВО/SLOVO, 2008.

8. Битон С. Зеркало моды / Пер. с англ. С. Алексеева. – М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2015.

9. Пуаре П. Одевая эпоху / Пер. с фр. Н. Ф. Кулиш; Предисл. и фотографии А. А. Васильева. – М.: Этерна, 2011.

10. Шарль-Ру Эдмонда. Время Шанель / Пер. с фр. Н. Ф. Кулиш. – М.: СЛОВО/SLOVO, 2006.

11. Histoire de l'industrie et du commerce en France. Hachette Livre BNF. 2017.

REFERENCES

1. Vyshel ukaz Petra I "O noshenii plat'ya na maner vengerskogo" / Prezidentskaya biblioteka imeni B.N. El'tsina // URL: <https://www.prilib.ru/history/618943> (data obrashche-niya: 12.06.2021)

2. Van'kovich S. M. Kostyum v plenu eklektiki: arkhitekturno-stilisticheskie assotsiatsii. M.: AVATAR, 2015.

3. Tarasova N.I. Iz istorii tseremonial'nykh kostyumov russkogo imperatorskogo dvora // Moda i dizayn: istoricheskiy opyt – novye tekhnologii / Mater. XXIV Mezhdunar. nauch. konf. / Pod red. N. M. Kalashnikovoy. – SPb.: SPbGUPTD, 2021.

4. Shepelev L.E. Chinovnyy mir Rossii: XVIII – nachalo XX v. – SPb.: Iskusstvo SPB, 1999.

5. Ves' Peterburg na 1912 god: adresnaya i spravochnaya kniga g. S.-Peterburga. - [SPb.] : izdanie A.S. Suvorina, [1912]. - 1209 s., 2492 stb. : il., pl. – RNB. // URL: <https://vivaldi.nlr.ru/bx000020512/view> (data obrashcheniya: 09.06.2021).

6. Pridvornye shleyfy // URL: <https://lamanova.com> (data obrashcheniya: 10.06.2021).

7. Vasil'ev A.A. Krasota v izgnanii. Tvorchestvo russkikh emigrantov pervoy volny: Iskusstvo i moda. – Izd. 8-e. – M.: SLOVO/SLOVO, 2008.

8. Biton S. Zerkalo mody / Per. s angl. S. Alekseeva. – M.: KoLibri, Azbuka-Attikus, 2015.

9. Puare P. Odevaya epokhu / Per. s fr. N. F. Kulish; Predisl. i fotografii A. A. Vasil'eva. – M.: Eterna, 2011.

10. Charl'-Ru Edmonda. Vremya Shanel' / Per. s fr. N. F. Kulish. – M.: SLOVO/SLOVO, 2006.

11. Histoire de l'industrie et du commerce en France. Hachette Livre BNF. 2017.

Рекомендована кафедрой истории и теории искусства. Поступила 30.09.21.

СЕМАНТИКА ОРНАМЕНТАЛЬНЫХ ПИСЕМ ЕВРАЗИИ

SEMANTICS OF ORNAMENTAL PATTERNS OF EURASIA

А.Н. ЮСУПОВ, А.А. ЮСУПОВА, К.Е. ИМАНАЛИЕВ, Е.А. АНАРБАЕВ, А.М. ТУНГАТАЕВА
A.N. YUSSUPOV, A.A. YUSSUPOVA, K.E. IMANALIEV, E.A. ANARBAYEV, A.M. TUNGATAYEVA

(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)

(South Kazakhstan State University named after M.Auezov, Republic of Kazakhstan)

E-mail: Ardak_rk@mail.Ru

Орнаментальное письмо является мало изученной сферой истории письменности. Например, в России, Казахстане и в других странах стали придавать большое значение истории письменности и символике орнаментальных узоров для идентификации культуры. В данной статье авторы раскрыли утраченные значения орнаментальных орнаментов Евразии, состоящие из двух сюжетов: письмо невесты и сюжет пиршества. Для определения значения орнаментальных узоров были использованы описательный метод и системный анализ произведений искусства.

Ornamental pattern is a least studied area in the history of writing. For example, in many countries such as Russia, Kazakhstan and others, great importance is given for the writing history and the symbolism of ornamental patterns for the cultural identification. In this paper, the lost meanings of the ornamental design of Eurasia are investigated. They are two stories: the pattern of the bride and the story of the feast. Descriptive method and a systematic analysis of works of art were used to determine the meaning of ornamental patterns.

Ключевые слова: письмо невесты, сюжет пиршества, идентификация культуры, казахские и русские орнаментальные письма.

Keywords: the pattern of the bride, the story of the feast, identification of culture, Kazakh and Russian ornamental patterns.

Введение. Орнаментальное письмо, как произведение народного творчества, является мало изученной сферой истории письменности; виды и значения этих писем рассмотрены в этой статье. Следует отметить, что в настоящее время придается большое значение истории письма. Например, в России, Казахстане, и других странах стали придавать большое значение истории письменности и символике орнаментальных узоров для идентификации культуры [1...7]. В связи с этим академик Академии наук Казахстана А.Х. Маргулан писал: "...практически все орнаментальные

узоры "читались" в свое время совершенно определенным образом. Ныне смысловое значение многих орнаментальных узоров утрачено. Раскрыть его задача будущих исследователей" [5]. Авторы данной статьи изучили семантику - значения орнаментальных узоров. Это важно для идентификации культуры. Орнаментальное письмо берет свое начало с рисунка. При орнаментальном письме знаки передавали мысль, как приблизительно, так и в конкретных формах, Например. Рисунок лодки, трех солнц и животных, перевернутых вверх ногами, мог,

например, быть средством передачи сообщения об охотничьем путешествии по воде в течение трех дней, в результате которого эти животные были убиты [6].

В картине "Борец" казахский художник - орнаменталист Гани Иляев изображает трех борцов: одного он разместил посередине, а остальных изобразил с перевернутыми верх ногами. Здесь рисунки перевернутых верх ногами борцов означают, что они проиграли состязание (рис. 1 – Г.Иляев "Борец").

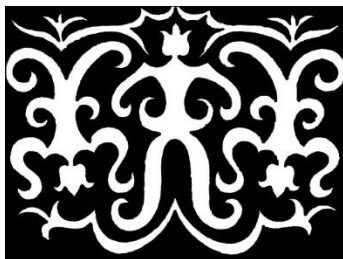


Рис.1

Гани Иляев писал, что в ряде орнаментов был изображен "айтыс" – устное творчество певцов-импровизаторов [7]. Он во фрагменте своей одноименной картины изобразил двух певцов-импровизаторов в сидячем положении, напротив друг друга (рис.2 –Иляев "Айтыс"). Следует отметить, что устное состязание певцов-импровизаторов в сопровождении музыкальных инструментов широко распространено в Казахстане и Киргизии, внесено в всемирное наследие ЮНЕСКО в 2015 году.



Рис. 2

У тюркских народов были распространены письма, состоящие из орнаментальных узоров. Эти письма писали в основном молодые женщины. Согласно народной традиции невестам было запрещено посещать родительский дом до истечения трех лет. В этом случае они посылали родителям собственное письмо в виде коврика, где повествовали о своей жизни вдали, от родительского дома. Примером может служить Юкагирское орнаментальное письмо, которое подробно изложено в литературе по истории письменности [1].

Мотивы орнаментального письма народов Евразии в основном подразделяются на два вида: *письмо невесты* и *сюжеты пиршества*.

На основе материалов истории и культуры можно раскрыть значения орнаментов войлочных дверей юрты, нарисованных художником С.М. Дудиным в конце XIX века в Семипалатинской области. Войлочные двери юрты: рис. 3 – "Письмо невесты", рис.4 – "Сюжет пиршества".



Рис.3



Рис.4

Методы. Для расшифровки значения орнаментальных узоров использованы: *описательный метод* и *системный анализ* произведения искусства. Эти методы позволяют поэтапно разворачивать разделы картины – от общего композиционного замысла к частному, постепенно раскрыть и описать смысл сюжета и выполнить *системный анализ* произведения искусства в целом.

Результаты и обсуждения. На рис. 3 изображена невеста, на голове которой

нарисован нимб, из которого исходят лучи знаний. На подоле ее юбки изображена фигура мужчины в шапке, который "не выходит за подол юбки и не отстаёт от нее ни на шаг". В то же время семья знатная, состоятельная, об этом свидетельствуют верховые, нарисованные стилизованно на бордюре войлочной двери. Верховые скачут, спешат выполнить повеления молодой хозяйки.

Теперь рассмотрим *сюжет пиршества* второй войлочной двери (рис. 4). Эллипс – вытянутый круг объединяет композицию в единое целое, это означает "люди сидят, образовав тесный круг". В центре изображено выступление двух импровизаторов устного песенного жанра, которые сидят напротив друг друга. От них "исходят волны". Здесь волны – ауры двух певцов-импровизаторов заполнили эллипс, что означает: "исходящая от них положительная энергия заполнила все пространство юрты". Выпуклые части эллипса здесь совпадают, вогнутая часть – "певцы гармонично дополняют друг друга, раскрывая закономерности природы".

Теперь рассмотрим силуэты зрителей, расположенные по краям коврика. При кажущемся однообразии они на самом деле разнообразны. Если рассмотреть стилизацию силуэта человека на нижнем ряду – справа из них он сидит в казахской шапке, а слева сидит, накиннув на себя тулуп, это весьма характерная поза людей в интерьере юрты. Они сидят на почетном ряду – "тор", который выделен в картине красной жирной полосой. Эта войлочная дверь словно афиша пиршества, проведенного по инициативе молодой хозяйки юрты.

Сюжет пиршества был характерен и для орнамента русской народной вышивки. Ниже описывается сюжет орнаментальной композиции из Череповецкого музея в Вологодской области (рис. 5 – сюжет пиршества на полотенце народной вышивки (собр. Я. Богачев в 1920 г., рис. А. Юсова)).

Г.С. Маслова в книге "Орнамент русской народной вышивки как этнографи-

ческий очерк" описывает данную композицию следующим образом: "Сложное квадратное построение с розеткой или звездой в центре, возможно, в основе своей восходит к солярному символу, судя по его срединному положению в композициях, где он окружен растениями и птицами".

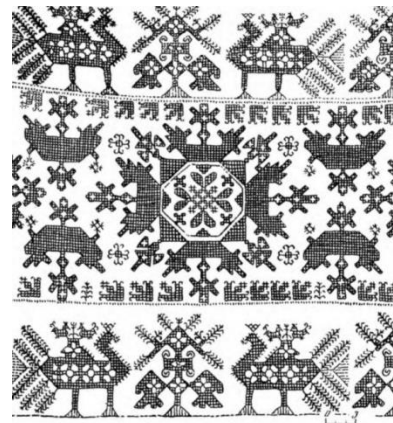


Рис. 5

Ниже предлагаем изложение содержания этой вышивки в новом формате. Прежде всего следует отметить: в конце XIX века на Руси шивали красочные свадебные полотенца. На рис. 5 представлено одно из них; свадебный мотив фигурирует в песнях Северного края. Например, в вологодской свадебной песне звучат такие строки: Станешь жениться, на свадьбу приду, Всех гостей твоих развеселю.

Композиция свадебного полотенца состоит из трех полос. В верхней и нижней полосах изображены жених и невеста. Их мечты сбылись, они въезжают в двух-скатный, декорированный мансардный дом с балконом. Центральная полоса является центром композиции, она изображена как вид сверху. Здесь за столом сидят сваты и запевают свадебную песню. Свадьба проходит с богатым застольем, гостей обслуживают официанты, которые размещены по диагонали стола. Часть сватов танцуют раскинув руки (они танцуют не чувствуя ног, у тех которые сидят за столом ноги не видны). Сцена пиршества показана как вид сверху (на плане, в зеркальной симметрии). Вдоль стен зала в два ряда сидят родственники, близкие и бьют в ладоши в ритм музыки и танцев.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты формируют новый взгляд на орнаментальные узоры, которые несут в себе ценную информацию культуры предшествующих поколений, утраченные к настоящему времени; позволяют открыть новые сведения в области этнографии, наскальных изображений и истории народов Евразии; раскрывают современную методику определения исторических ценностей. В связи с высокой востребованностью уникальных произведений искусства достигнутые результаты важны как для идентификации культуры в целом, так и для развития сферы дизайна одежды и текстиля в частности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фридрих Иоганнес. История письма / Пер. с нем. / Под. ред, с предисл. и коммент., И.М.Дьконова. – Изд. 3-е. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
2. Игнас Джей Гельб. История письменности. – Издательство "Центр полиграф", 2017.
3. Константинов В. История письменности. От клинописи до эмодзи. – Издательство: Пешком в историю, 2021.
4. Yussupova A.A., Yussupov A.N., Farzad Pour Rahimian. Ornamental art and symbolism: Activators of historical regeneration for Kazakhstan'S landscape architecture // International Journal of Architectural research ArchNet IJAR. – V.11, is.3.November 2017 DOI: 10.26687/archnet-ijar.v11i3.1358.

5. Маргулан А.Х. Казахское народное прикладное искусство. Том 1. – Алматы, 1986.

6. Иванова В.Ф. Графика и орфография. – М., 1976.

7. Маслова Г.С. Орнамент русской народной вышивки как этнографический очерк. – М.: Наука, 1978. С.140...169.

REFERENCES

1. Fridrikh Iogannes. Istoriya pis'ma / Per. s nem. / Pod. red, s predisl. i komment., I.M.D'konova. – Izd. 3-e. – M.: Izd-vo LKI, 2008.

2. Ignas Dzhey Gel'b. Istoriya pis'mennosti. – Izdatel'stvo "Tsentr poligraf", 2017.

3. Konstantinov V. Istoriya pis'mennosti. Ot klinopisi do emodzi. – Izdatel'stvo: Peshkom v istoriyu, 2021.

4. Yussupova A.A., Yussupov A.N., Farzad Pour Rahimian. Ornamental art and symbolism: Activators of historical regeneration for Kazakhstan'S landscape architecture // International Journal of Architectural research ArchNet IJAR. – V.11, is.3.November 2017 DOI: 10.26687/archnet-ijar.v11i3.1358.

5. Margulan A.Kh. Kazakhskoe narodnoe prikladnoe iskusstvo. Tom 1. – Almaty, 1986.

6. Ivanova V.F. Grafika i orfografiya. – M., 1976.

7. Maslova G.S. Ornament russkoy narodnoy vyshivki kak etnograficheskiy ocherk. – M.: Nauka, 1978. S.140...169.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 13.10.21.

УДК 62.529

DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_262

**ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ
И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБУВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ:
АССОРТИМЕНТ ПЛАСТМАСС ИННОВАЦИОННОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ***

**POLYMER MATERIALS FOR 3D PRINTING
AND THE POSSIBILITY OF THEIR LISE IN SHOE PRODUCTION:
RANGE OF PLASTICS OF INNOVATIVE FUNCTIONALITY**

О.Б. КОНОВАЛОВА, В.В. МИНЕЦ, Е.С. БОКОВА, В.В. КОСТЫЛЕВА, О.А. БЕЛИЦКАЯ

O.B. KONOVALOVA, V.V. MINETS, E.S. BOKOVA, V.V. KOSTYLEVA, O.A. BELITSKAYA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art))

E-mail: o.b.konovalova@gmail.com, vvminets@yandex.ru, esbokova@ya.ru,
kostyleva.vv@mail.ru. belitskaya-oa@rguk.ru

При выборе метода 3D-печати и полимерных материалов в технологиях производства как отдельных деталей, так и обуви в целом прежде всего нужно исходить из задач проектирования. В обувной промышленности особое место занимает технологическая оснастка. Одним из основных видов технологической оснастки являются пресс-формы. Высокая стоимость изготовления пресс-формы, серьезные временные и трудовые затраты на разработку и производство одного экземпляра пресс-формы вызывают необходимость в таких технологиях, которые позволяют соединить хорошие качества традиционных пресс-форм с эксплуатационными преимуществами, включая низкие производственные расходы, недефицитность материалов, простоту обработки за более короткий срок изготовления. В статье приведен анализ основных методов 3D-печати, а также обзор инновационных полимерных материалов, включая биоразлагаемые, применяемых в аддитивном производстве. Обозначены перспективы и возможные области применения 3D-печати в производстве обуви. Показано, что пресс-формы, изготовленные методом 3D-печати, перспективны для мелкосерийного производства и быстрого изготовления тестовой партии обувной продукции. Впервые разработаны и апробированы пресс-формы из PLA-пластика и термоустойчивого пластика PC/ABS для отливки обувных изделий из полиуре-

* Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ: проект 20-38- 90047\20.

тана. Показано, что пресс-формы, изготовленные методом 3D-печати, перспективны для мелкосерийного производства и быстрого изготовления тестовой партии обувной продукции.

When choosing a 3D printing method and polymer materials in production technologies for both individual parts and footwear as a whole, first of all, you need to proceed from the design tasks. In the shoe industry, technological equipment occupies a special place. Molds are one of the main types of technological equipment.

The high cost of manufacturing a mold, serious time and labor costs for the development and production of one copy of the mold necessitate such technologies that allow combining the good qualities of traditional molds with operational advantages, including low production costs, lack of materials, ease of processing for shorter production time. The article provides an analysis of the main methods of 3D printing. The article provides an overview of innovative polymer materials used in additive manufacturing. The prospects for the use of biodegradable materials in 3D printing and in the production of shoes are outlined. The article describes the prospects of molds made by 3D printing. Their importance for small-scale production and rapid production of a test batch of footwear products is emphasized. The development and testing of molds made of PLA plastic and heat-resistant PC/ABS plastic for casting polyurethane footwear products are described.

Ключевые слова: 3D-печать, полимеры, пресс-формы, биоразлагаемые полимеры, принтеры, технологии, детали, изделия.

Keywords: 3D printing, polymers, press forms, biodegradable polymers, printers, technologies, details, products

Введение

Для технологий 3D-печати не менее востребованным является ассортимент пластмасс, интерес к которым вызван их составом, внешним видом, экологичностью, инновационной функциональностью и др. [1].

Примером таких пластмасс являются композиции на основе АБС или ИЛА, содержащие различные наполнители, в качестве которых используют древесные волокна из стандартных сортов древесины – сосны, березы, кедра, черного дерева, ивы, бамбука, вишни, кокоса, пробки и оливы; порошкообразные металлы, имитирующие бронзу, латунь, медь, алюминий, нержавеющей сталь; глину и др. Такие изделия по своей фактуре, органолептике и внешнему виду напоминают дерево, металл, камень и др. [2].

Примером такого материала, который по фактуре напоминает дерево и даже имеет запах натуральной древесины, является материал Laywoo-D3. Его производят из полимерной композиции, наполненной

древесным наполнителем. Рабочие температуры печати находятся в диапазоне 175...250°C, подогрев стола не требуется. Регулируя температуру во время печати, можно получить рисунок, напоминающий годовые кольца, натурального дерева. Себестоимость исходного полимерного сырья достаточна велика и составляет порядка 10 тыс. руб. за килограмм [3].

Другой экзотический материал – Laybrick, содержит минеральные наполнители и позволяет имитировать изделия из песчаника. Рабочая температура находится в пределах 165...210°C. Повышение температуры приводит к получению более фактурной поверхности, усиливающей эффект имитации [4].

Приведенные выше приемы декорирования, безусловно, интересны и для обувного производства при изготовлении подошвенных материалов, имитирующих дерево, металл, камень и т.д. (например, сабо, босоножки на массивных танкетках и т.д.).

К возможным вариантам декорирования изделий следует отнести также применение

полимерных композиций, способных изменять цветовую палитру при определенном внешнем воздействии, например, изменении температуры тела (стопы).

Полимерные нити из этой категории имеют тенденцию изменять свой оттенок, как правило, между двумя цветами, например, от фиолетового до розового, от синего до зеленого или от желтого до зеленого. Как и в случае других экзотических вариантов для 3D-принтеров, изменяющая цвет нить является композиционным материалом на основе АБС или ПЛА. Не имея специальных физических, тактильных или функциональных характеристик, этот тип нити для 3D-принтеров является исключительно хорошим для декора и получения определенного визуального эффекта [5].

Инновационным видом 3D-продукции являются предметы, светящиеся в темноте – люминесцентные изделия. Применительно к обувному ассортименту, такие изделия могут быть интересны для изготовления деталей низа обуви специального назначения, используемой в условиях отсутствия электроэнергии. Достаточно оставить напечатанную модель на некоторое время на свету, и она начинает излучать определенный, заранее заданный цвет в темноте. В основе технологии – использование фосфоресцентных добавок, введенных в синтетический или природный полимер, благодаря которым изделие в темноте способно поглощать и затем излучать фотоны, создавая эффект свечения.

Применение всех вышеперечисленных композиционных нитей для 3D-печати требует решение компромиссной задачи – соблюдение баланса между эстетической и тактильной привлекательностью материала и снижением его гибкости и прочности, вследствие добавления к полимеру наполнителей, а также соблюдение температурного режима переработки, особенно в случае применения натуральных наполнителей из-за их низкой устойчивости к перегреву. Наиболее распространенные композитные пластики для 3D-принтеров, как правило, содержат от 50 до 85% металла [6].

Одной из новейших тенденций в области 3D-технологий, которая отвечает совре-

менному экологическому тренду – использованию «зеленой химии», является полная или частичная замена синтетических полимеров на натуральные или искусственные, которые менее опасны и возобновляемы.

В качестве синтетической полимерной матрицы для введения натуральных добавок чаще всего используют ПЛА, АБС, карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ, англ. СМС), термопластичный полиуретан, полипропилен (ПП, англ. РР), поливиниловый спирт и др. [7].

В качестве биоразлагаемых добавок известно применение поликапролактона (англ. PCL) или полигидроксibuтирата (англ. PHB), а также таких экзотических компонентов, как отходы какао-скорлупы, кератин шерсти, целлюлоза и др. [8].

Чаще всего для лучшей совместимости компонентов полимерной смеси при изготовлении бонитей прибегают к приему предварительной химической обработки исходной биомассы для повышения ее адгезии к полимерной матрице. В случае использования биодобавок в твердых формах – гранулы, волокна, крупнодисперсные порошки их предварительно просеивают, дробят, измельчают, промывают водой, сушат.

Примерами таких материалов являются BioFila от TwoBears и BiomeSD от Biome Bioplastics, которые как нельзя лучше подходят для использования в проектах прототипирования и все чаще используются в технологии FDM [9].

Все приведенные выше технологии, не зависимо от типа применяемой полимерной композиции, даже при использовании полностью биоразлагаемых полимеров и композиций на их основе, можно лишь условно отнести к безотходным. Речь идет не только об «опорных» структурах в сложных моделях. Много пластика уходит в отходы даже у опытного оператора при подборе оптимального для конкретной модели режима печати.

Исходя из этого при выборе метода 3D-печати и расходных полимерных материалов для применения в технологии производства обуви прежде всего нужно исходить из задач проектирования. Если речь идет о прототипировании с целью создания

штучного изделия для временного использования, то предпочтение следует отдавать самым бюджетным, малоэнергозатратным методам печати, таким как метод послойного наложения FDM или FFF, используя при этом самые распространенные для 3D-печати материалы – полилактид или ABS пластик, без дополнительной модификации. В случае использования полилактида материал может быть полностью утилизирован, а в случае применения ABS пластика возможна его вторичная переработка. Если речь идет об изделиях массового производства и изделиях специального назначения, то нужно исходить прежде всего из их функционального назначения и показателей свойств, принимая во внимание, что стоимость изделия будет выше, чем в случае использования доступных крупнотоннажных полимеров [10].

Результаты и обсуждение

Разработка и изготовление пресс-форм новых изделий – сложный и дорогостоящий процесс. При этом не все полученные изделия в итоге пользуются спросом и хорошо продаются, тем самым окупая стоимость пресс-формы. Высокая стоимость этих пресс-форм в некоторых случаях становится определяющим фактором при решении вопроса о внедрении образца обуви в производство. Целесообразной является такая долговечность пресс-форм, которая

позволяла бы изготовить только требуемое количество изделий. Более высокая долговечность является излишней и затраты на приобретение таких пресс-форм экономически не оправданы.

Таким образом, первостепенной задачей является необходимость разработки метода проектирования и изготовления пресс-форм, выявления технологий и материалов, используемых в 3D-печати и подходящих для производства изделий из кожи.

Для апробации этого технического решения было спроектировано и изготовлено (напечатано на 3D-принтере) две пресс-формы. Одна пресс-форма изготовлена из PLA-пластика с техническими характеристиками: температура экструзии: 190...230°C; температура платформы: 0...60°C; минимальная толщина стенок - 1 мм; малая усадка при изготовлении изделий; высокая жесткость [11].

Другая пресс-форма изготовлена из термоустойчивого пластика PC/ABS Bestfilament с техническими характеристиками: температура платформы 3D-принтера - 110°C; минимальная толщина стенок - 1 мм; выдерживает кратковременный нагрев до +153 °C; диапазон температур длительной эксплуатации - 100...130°C; высокая ударопрочность при низких температурах; малая усадка при изготовлении изделий; высокая жесткость.

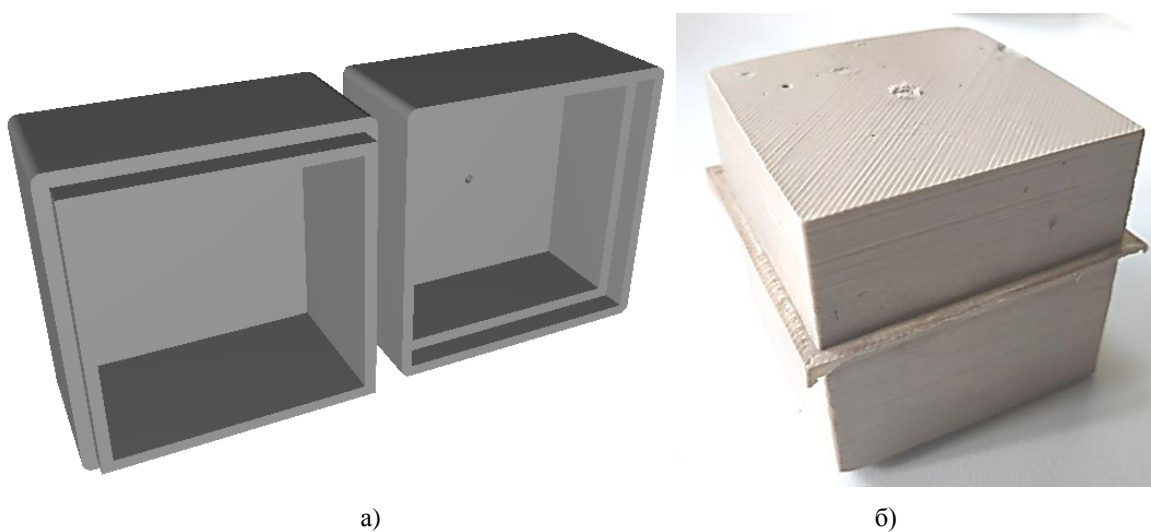


Рис. 1

Апробация показала, что спроектированные пресс-формы имеют:

- недостаточно гладкую внутреннюю поверхность – при печати на 3D-принтере по технологии послойного наплавления с одной стороны изделия образуются едва заметные выступающие полосы, что затрудняет вынимание готового изделия;

- конструкции, не подразумевавшие наличие выходных отверстий для воздуха, в связи с этим на поверхности полиуретана образовывались небольшие пузырьки воздуха;

- конструкции, значительно затрудняющие выемку готового изделия. Однако, вероятно, эта проблема может быть решена сглаживанием всех внутренних поверхностей.

Кроме того, пресс-форма, напечатанная из PLA-пластика нагрелась значительно меньше, чем пресс-форма из термоустойчивого пластика PC/ABS Bestfilament [12].

В соответствии с выявленными недостатками была разработана и напечатана еще одна пресс-форма (рис. 1 – напечатанная пресс-форма (а); отлитое изделие (б)).

Пресс-формы, созданные с помощью 3D-принтера, возможно будут менее долговечны, чем алюминиевые, но при этом значительно меньшей стоимости. Такие пресс-формы подойдут для мелкосерийного производства и быстрого изготовления экспериментальной партии продукции.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены основные характеристики печатных изделий, в зависимости от применяемого полимерного сырья и модифицирующих добавок.

Приведены новые инновационные подходы в области полимерной химии применительно к технологиям 3D-печати.

Обозначены перспективы применения технологий 3D-печати в обувном производстве.

Разработаны и апробированы пресс-формы из PLA-пластика и термоустойчивого пластика PC/ABS Bestfilament для отливки обувных изделий из полиуретана. Выявлено, что пресс-формы из PLA-пластика предпочтительнее.

1. Chohan J.S., Singh R., Boparai K.S. Vapor smoothing process for surface finishing of FDM replicas // Mater. Today Proc. – 26, 2020. P.173...129.

2. Hongjun L., Zitian F., Naiyu H, Xuanpu D. A note on rapid manufacturing process of metallic parts based on SLS plastic prototype // J. Mater. Process. Technol. – 142, 2003. P.710...713.

3. Dotchev K., Soe S. Rapid manufacturing of patterns for investment casting, Improvement of quality and success rate. Rapid Prototyp. – 12, 2006. P.156...164.

4. Gill S.S., Kaplas M. Ecaacy of powder-based three-dimensional printing (3DP) technologies for rapid casting of light alloys // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 52, 2011. P.53...64.

5. Bartolo P.J. Stereolithography, Materials. Processes and Applications, Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg. Germany. – 2011, ISBN 0387929045.

6. Zakeri S., Vippola M, Levdnen E. A comprehensive review of the photopolymer Eat ion of ceramic resins used in stereolithography // Addit Manuf. – 35, 2020. 101172.

7. Arnold C, Monsees D., Hey J., Schweyen R. Surface quality of 3D-printed models as a function of variou printing parameters. Materials 2019.

8. Zhang J., Xiao P. 3D printing of photopolymers // Polym. Chem. – 9, 2018. P.1530...1540.

9. Смелов В.Г., Вдовин Р.А. Исследование точности печати на 3D-принтере. – Изд-во Самарского университета, 2017.

10. Абзалбекулы Б., Мунасинов С.Е., Джумабекова Г.Б., Анарова Г.С. Исследования структурных свойств композитных материалов для изделия легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №3. С. 66...68.

11. Минеи В. В., Белицкая О.А. Применение аддитивных технологий при создании коллекций обуви и аксессуаров // Дизайн и технологии. – 2018, № 63 (105). С. 31...36.

12. Леденева И.Н., Белицкая О.А. Технологии 3D-печати, принципы, возможности, перспективы. – М., РГУ имени А.И. Косыгина, 2019.

REFERENCES

1. Chohan J.S., Singh R., Boparai K.S. Vapor smoothing process for surface finishing of FDM replicas // Mater. Today Proc. – 26, 2020. P.173...129.

2. Hongjun L., Zitian F., Naiyu H, Xuanpu D. A note on rapid manufacturing process of metallic parts based on SLS plastic prototype // J. Mater. Process. Technol. – 142, 2003. P.710...713.

3. Dotchev K., Soe S. Rapid manufacturing of patterns for investment casting, Improvement of quality and success rate. Rapid Prototyp. – 12, 2006. P.156...164.

4. Gill S.S., Kaplas M. Ecaacy of powder-based three-dimensional printing (3DP) technologies for rapid

casting of light alloys // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* – 52, 2011. P.53...64.

5. Bartolo P.J. *Stereolithography, Materials. Processes and Applications*, Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg. Germany. – 2011, ISBN 0387929045.

6. Zakeri S., Vippola M, Levdnen E. A comprehensive review of the photopolymerization of ceramic resins used in stereolithography // *Addit Manuf.* – 35, 2020. 101172.

7. Arnold C, Monsees D., Hey J., Schweyen R. Surface quality of 3D-printed models as a function of various printing parameters. *Materials* 2019.

8. Zhang J., Xiao P. 3D printing of photopolymers // *Polym. Chem.* – 9, 2018. P.1530...1540.

9. Smelov V.G., Vdovin P.A. *Issledovanie tochnosti pechati na 3D-printere.* – Izd-vo Samarskogo universiteta, 2017.

10. Abzalbekuly B., Munasipov S.E., Dzhumabekova G.B., Anarova G.S. *Issledovaniya strukturnykh svoystv kompozitnykh materialov dlya izdelii legkoy promyshlennosti* // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2020, №3. S. 66...68.

11. Minei V. V., Belitskaya O.A. *Primenenie additivnykh tekhnologiy pri sozdanii kollektiy obuvi i aksessuarov* // *Dizayn i tekhnologii.* – 2018, № 63 (105). S. 31...36.

12. Ledeneva I.N., Belitskaya O.A. *Tekhnologii 3D-pechati, printsipy, vozmozhnosti, perspektivy.* – M., RGU imeni A.I. Kosygina, 2019.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 20.09.21.

УДК 685.34.01
DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_268

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТВОРЧЕСКОГО ТРУДА
КАК ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРАВ**

**RESEARCH OF STUDENTS' AWARENESS
ABOUT THE USE OF CREATIVE WORK RESULTS
AS INTELLECTUAL RIGHTS OBJECTS**

А.И. КАРАСЕВА, В.В. КОСТЫЛЕВА, В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, О.В. СИНЕВА

A.I. KARASEVA, V.V. KOSTYLEVA, V.S. BELGORODSKY, O.V. SINEVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: karaseva-ai@rguk.ru; kostyleva-vv@rguk.ru; rector@rguk.ru; sineva-ov@rguk.ru

Цель статьи – представить анализ результатов социологического исследования, проведенного на базе РГУ имени А.Н. Косыгина на предмет осведомленности студентов о защите прав интеллектуальной собственности.

Основными задачами статьи является освещение проблематики недостаточного уровня осведомленности начинающих специалистов в области патентного права. Студенты, обучающиеся по специальностям, относящимся к миру моды, по окончании обучения являются специалистами ведущих производств, будущим российского fashion-рынка, основателями модных брендов. Такие дизайнерские продукты, как одежда, обувь, аксессуары, имеют краткий период жизни на рынке. Выход товара на рынок сопровождается нормативно-правовым механизмом охраны объекта интеллектуальной собственности.

Еще на этапе обучения, помимо формирования базовых компетенций, студенты должны ориентироваться в основных закономерностях и подходах к прогнозированию тенденций моды, применять различные методы конструирования и моделирования изделий, системы автоматизированного проектирования, проводить технологический, социально-экономический анализы предметов гардероба, а также патентные исследования и разрабатывать заявки на получение охранных документов для объектов интеллектуальной собственности в области индустрии моды и т.п.

Для достижения поставленной цели наиболее подходящим является распространенный и эффективный метод сбора информации – количественное исследование, проведенное в форме онлайн-опроса.

Результаты исследования показали, что для большинства студентов вуза специальностей, связанных с дизайном, конструированием, технологией и IT тема защиты интеллектуальных прав является актуальной, знаниями в данной области обладают не более половины опрошенных, большинство опрошенных считают защиту интеллектуальных прав необходимой процедурой. Полученные данные рекомендуется использовать в учебном процессе.

The purpose of the article is to present an analysis of the sociological study results conducted on the basis of the A. N. Kosygin Russian State University on the subject of students' awareness of the intellectual property rights protection.

The main objectives of the article are to highlight the problems of insufficient awareness of novice specialists in the field of patent law. Upon graduation students training in the fashion world field, become specialists of leading industries, considered as both the future of the Russian fashion market and the founders of fashion brands. Designer products such as clothing, shoes, accessories have a short period of life on the market. The product's entry into the market is accompanied by a regulatory mechanism for the intellectual property object protection.

While training, in addition to the formation of basic competencies, students should be guided by the basic laws and approaches to forecasting fashion trends, apply various methods of designing and modeling products, computer-aided design systems, conduct technological, socio-economic analyses of wardrobe items, as well as patent research and develop applications for obtaining security documents for intellectual property objects in the fashion industry, etc.

To achieve this goal, the common and effective method of collecting information – a quantitative study conducted in the form of an online survey – becomes the most suitable one.

The results of the study showed that for the majority of university students of specialties related to design, construction, technology and IT, the topic of intellectual property rights protection is relevant, no more than half of the respondents have knowledge in this field, the majority of respondents consider the protection of intellectual property rights to be a necessary procedure. It is recommended to use the obtained data in the educational process.

Ключевые слова: мода, изделия гардероба, обувь, дизайнеры, бренды, патентование, интеллектуальная собственность, социологический опрос, исследование, промышленный образец, полезная модель.

Keywords: fashion, wardrobe products, shoes, designers, brands, patenting, intellectual property, sociological survey, research, industrial design, utility model.

В настоящее время развитие легкой промышленности, как и других областей, не стоит на месте. Вместе с этим расширяется объем знаний экспертов, в том числе за счет информации в сети Интернет. Вся эта информация находится в свободном доступе, в разных форматах и на разных языках и зачастую используется студентами при проведении исследований, написании работ в рамках вузов и др. [1], [2].

Такая база данных по структуре схожа с информацией, изложенной в книгах, которыми пользовались студенты в отсутствии Интернета. Ранее собрать полную и структурированную систему знаний по определенному вопросу было затруднительно из-за сложности в получении доступа ко всей тематической литературе и требовало больших затрат времени, вследствие чего актуальность собранного материала терялась.

В большинстве хорошо известных профессиональных отраслей знания находятся в общем доступе, широко распространены и их легко найти в любом удобном для пользователя источнике. Они логически группируются, структурируются и только после этого публикуются на бумаге или в сети.

Легкая промышленность развивается вместе с другими, но в России и мире не так много вузов, где изучаются ее объекты, по сравнению с другими направлениями подготовки. Из-за ограниченного количества трудов и исследований в этой сфере, отсутствия в Интернете актуальной информации в этой области, а печатные издания изучаются, скорее, для понимания истории легкой промышленности и получения фундаментальных знаний.

Студентам, обучающимся по направлениям легкой промышленности, столкнувшимся с проблемой нехватки информации или ее низкой структурированности, приходится каждый раз тратить дополнительное время на поиск и вычленение в сети знаний из смежных областей, особенно, если это касается узких направленностей внутри специальности. Одной из сфер с недостаточным количеством доступной и структурированной информации являются патенты в области легкой промышленности [3], [4].

В связи с этим стояла задача собрать информацию и выявить количество студентов, в частности РГУ имени А.Н. Косыгина, которые знакомы с темой защиты интеллектуальной собственности, оценить глубину их знаний, желание и способность защитить свои права на изобретение. Для решения поставленной задачи наиболее подходящим является количественное исследование – распространенный и эффективный метод сбора информации, которое может быть проведено в форме онлайн-опроса [5], [6]. Его привлекательность объясняется тем, что каждый человек может пройти опрос в любое время, в любом месте и на доступном ему устройстве. Кроме того, к достоинствам метода можно отнести то, что время прохождения опроса не ограничено, и каждый респондент потратит его столько, сколько ему требуется

[7]. Другими словами, задавая одинаковые вопросы определенной группе респондентов, можно собрать наиболее точные данные по каждому, что значительно облегчает их последующий анализ. Вопросы анкеты должны разрабатываться тщательно, содержать понятные для всех инструкции и краткий, легкий для понимания вводный текст.

Ответы на вопросы анкеты позволят определить, насколько студенты университета понимают важность патентования своих идей, изобретений и открытий или, возможно, выявить полное непонимание этого вопроса, что подтолкнет их к ознакомлению с этой темой и дальнейшему ее изучению [7].

До начала маркетинговых исследований необходимо четко сформулировать, в чем заключается основная проблема. Множество студентов не задумываются над тем, что они могут произвести или придумать что-либо инновационное, не понимают ценность своих разработок и что с ними делать далее [8], [9].

Анкета была размещена в конструкторе опросов "Onlinetestpad". В роли респондентов выступали студенты РГУ имени А.Н. Косыгина.

Опрос проводился с 1 по 20 мая 2020 г. Количество опрошенных составило 60 человек. Большая часть опрошенных – девушки (65%, 39 человек), соответственно остальные 21 человек (35%) – юноши.

В опросе приняли участие, большей частью студенты 4-х курсов, из них 28 старше 23 лет, что составило примерно 47%, 20, прошедшим опрос – от 21 до 22 лет (33,2%), 11 респондентов оказались в возрастном диапазоне от 19 до 20 лет (18,3%) и всего один человек в возрасте 18 лет, что составило примерно 1,5% от общего числа опрошенных.

Из полученных данных выяснилось, что направление подготовки большей части опрошенных 24 человека (40%) – 29.04.01; 29.03.01 "Технология изделий легкой промышленности", далее 29.04.05; 29.03.05 "Конструирование изделий легкой промышленности" – 16 человек (26,7%), 09.03.01 "Информатика и вычислительная

техника" – 13 человек (21,7%), 9 человек (15%) – студенты Института дизайна, 3 человека (5%) занимаются другой деятельностью. В вариантах ответов были выбраны именно эти сферы, так как цель маркетингового исследования состояла в выявлении осведомленности об интеллектуальной собственности людей этих направлений подготовки (рис. 1 – гистограмма распределения ответов на вопрос: "Укажите направление Вашего рода деятельности?").

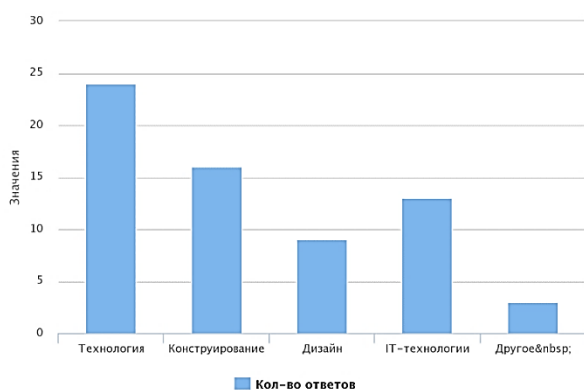


Рис. 1

Следующий вопрос анкеты – первичные знания о формах защиты интеллектуальных прав. По результатам опроса выяснилось, что 27 человек (45%), имеют поверхностные знания на эту тему и слышали, что существуют такие понятия, как "промышленный образец", "полезная модель", "изобретение" и "ноу-хау". Однако 25 респондентов (41,7%) – значительная часть опрошенных – имеют знания об этих понятиях, 7 опрошенных (11,7%) узнали о предмете опроса только что, и 1 (1,6%) – не имел понятия, о чем вопрос.

Далее было решено узнать, какое количество опрошенных знают о каждой из форм защиты интеллектуальных прав [10]. В этом вопросе анкеты можно было выбрать не один ответ, а несколько. По результатам опроса выяснилось, что о защите интеллектуальных прав на изобретение знает 41 респондент (68,3%), на ноу-хау – 33 человека (55%), на промышленный образец – 26 человек (43,3%), на полезную модель – 18 человек (30%) и на другое – 7

человек (11,7%). По полученным данным в среднем каждый из опрошенных знает лишь о двух формах защиты интеллектуальных прав (рис. 2 – гистограмма распределения ответов на вопрос: "О каких формах защиты интеллектуальных прав Вы знали ранее?").

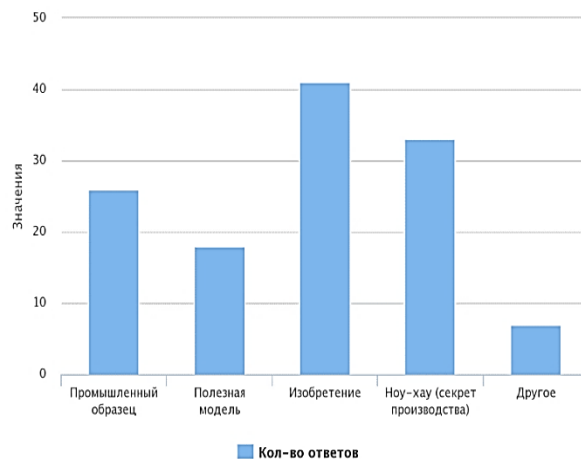


Рис. 2

Исходя из предположения о низком уровне знаний в области интеллектуального права, которое подтвердилось ответами на предыдущие вопросы анкеты, было решено выяснить, понимают ли респонденты разницу в формах интеллектуального права. Оказалось, что большая часть опрошенных, 30 человек (50%), знают не обо всех отличиях, 17 человек (28,3%) не знают о них и лишь 13 человек (21,7%) хорошо разбираются в этой теме.

На вопрос анкеты "Есть ли у вас идеи или реализованные проекты, достойные защиты на законодательном уровне?" 23 человека (38,3%) ответили отрицательно, 22 человека (36,7%) еще не работали в этом направлении, но хотели бы, 13 человек (21,7%) хотели бы защитить свои разработки на законодательном уровне, но не уверены в их исключительности, и лишь 2 опрошенных (3,3%) считают, что их идеи или реализованные проекты достойны защиты на законодательном уровне (рис. 3 – гистограмма распределения ответов на вопрос: "Есть ли у вас идеи или реализованные проекты, достойные защиты на законодательном уровне?").

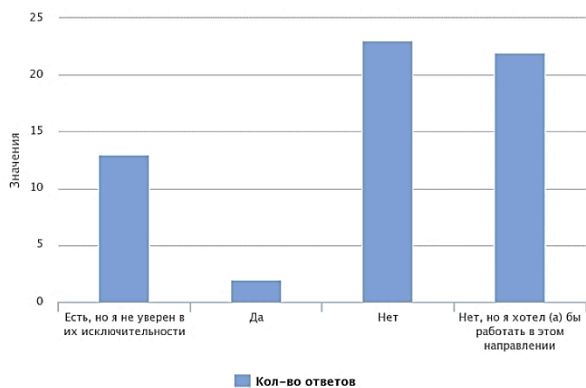


Рис. 3

Вопрос анкеты "Хотели бы Вы зарегистрировать права на свои существующие или будущие разработки?" направлен на выявление желания респондентов зарегистрировать свои права на уже существующие или будущие разработки [11]. Выяснилось, что половина опрошенных, 30 человек (50%), не уверены в ответе, так как даже не задумывались об этом, 27 человек (45%) ответили положительно, и 3 человека (5%) не хотят регистрировать свои права на собственные разработки.

При ответе на вопрос "Возможно, у Вас уже есть свидетельство о праве на интеллектуальную собственность?" было выявлено, что 37 опрошенных (61,7%) не имеют таких свидетельств, но, возможно, займутся этим вопросом в будущем, 20 респондентов (33,3%) сомневаются, что им это необходимо и, соответственно, у них нет оформленного свидетельства, и 3 человека (5%) из опрошенных имеют оформленное свидетельство о праве на интеллектуальную собственность.

На вопрос "Считаете ли Вы защиту интеллектуальной собственности правильной и необходимой процедурой?" большая часть опрошенных, – 40 человек (66,7%), считает защиту интеллектуальной собственности однозначно необходимой и правильной, 16 человек (26,7%) также ответили положительно, но с меньшей уверенностью, 3 человека (5%) считают эту сферу не нужной для себя, но, возможно, необходимой для других, и один опрошенный (1,6%) ответил на вопрос отрицательно (рис. 4 – гистограмма распределения

ответов на вопрос: "Считаете ли Вы защиту интеллектуальной собственности правильной и необходимой процедурой?").

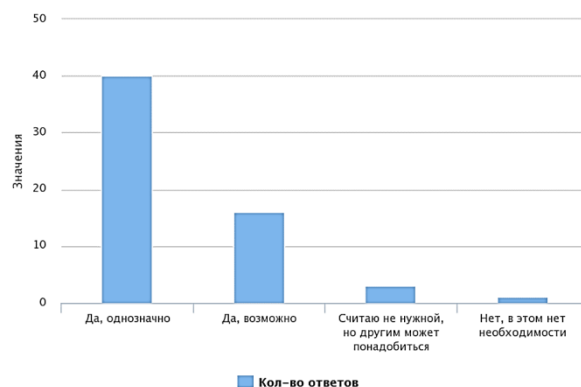


Рис. 4

Профессиональная и творческая деятельность будущих модельеров и дизайнеров, являясь, несомненно, инновационной, имеет точно определенную цель, которая, как правило, формулируется в виде проектной задачи. Процесс решения ее включает: выявление конкретных целей, разработку концепции, анализ объекта проектирования, проектирование, разработку проектной документации и создание образца [12].

Лучшим свидетельством сформированности необходимых компетенций студента или выпускника является разработка ими на основе многоаспектных исследований перспективных, новых, актуальных, оригинальных, социально и практически значимых охраноспособных и патентоспособных дизайнерских и технических решений [13].

При сборе и анализе информации, полученной из ответов на вопросы анкеты, видно, что для большинства студентов вуза специальностей, связанных с дизайном, конструированием, технологией и IT тема защиты интеллектуальных прав является актуальной. Выяснилось, что в целевой группе участников, знаниями обладают не более половины опрошенных, но многие из них интересовались этим вопросом. Кроме того, большинство опрошенных считают защиту интеллектуальных прав необходимой процедурой и уже планируют зарегистрировать свои права на суще-

ствующие или планируемые разработки. К сожалению, из-за невысокой степени осведомленности в этой сфере изобретения, подлежащие защите на законодательном уровне, находятся в стадии планирования, либо их авторы не уверены в их исключительности. В целом результаты опроса позволяют заключить, что для студентов вопросы защиты интеллектуальной собственности привлекательны. Однако для большей достоверности и обоснованности выводов представляется целесообразным продолжить исследования в режиме мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития легкой промышленности России на период до 2020 года (утв. приказом Минпромторга России от 24.09.2009 г. № 853 "Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности и Плана мероприятий по ее реализации") [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96394/>

2. Силка Д.Н. Приоритетные вопросы развития текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 1. С. 37...43

3. Карасева А.И., Костылева В.В., Литвин Е.В. К вопросу об объектах интеллектуальной собственности в сфере легкой промышленности // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020. Часть 1. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2020. С. 169...172.

4. Николаева М.С. Правовая охрана дизайна (модели) одежды: Дис. ... канд. юр. наук. – М., 2016.

5. Крюкова А.И., Сущенко М.С., Татаринова Е.П. Патентование "модных" промышленных образцов как панацея от инновационных рисков // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2019, 2 том 1. С. 114...120.

6. Banterle Francesco. The Interface between Data Protection and IP law: The Case of Trade Secrets and Database Sui Generis Right in Marketing Operations, and the Ownership of Raw Data in Big Data Analysis (December 2, 2016). Personal Data in Competition, Consumer Protection and Intellectual Property Law Towards a Holistic Approach?, Bakhoun, M., Conde Gallego, B., Mackenrodt, M.-O., Surblytė-Namavičienė, G. (Eds.), 2016, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3276710>.

7. Карасева А.И., Костылева В.В. Разработка и обоснование конструкций изделий из кожи с трансформируемыми элементами. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2019.

8. Карасева А.И., Костылева В.В. Обувь как объект дизайнерского творчества // Дизайн и технологии. – 2018, №66. С. 29...35.

9. Penelope Pérez Intellectual Property in the Fashion Industry, April 8, 2021, Available at SSRN: <https://igerent.com/intellectual-property-fashion-industry>.

10. Богданова Т.Д. Объекты патентных прав и их правовой режим по российскому законодательству: Дис. ... канд. юр. наук. – Волгоград, 2015.

11. Гринь Е.С. Отдельные вопросы использования результатов творческого труда в составе сложных объектов интеллектуальных прав // LexRussica. – 2018, 10(143). С. 50...57.

12. Данилова С.А. К вопросу о содержательной основе формирования профессиональных компетенций будущих специалистов легкой промышленности в условиях современной образовательной среды // Евразийский Союз Ученых. – 2015, 11 (20). С. 53...55

13. Chadha & Chadha Intellectual Property Law Firm. Significance of intellectual property in the fashion industry, March 19, 2020, Available at SSRN: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=3011b365-d004-402f-8a62-1a52265787b0>.

REFERENCES

1. Strategiya razvitiya legkoy promyshlennosti Rossii na period do 2020 goda (utv. prikazom Minpromtorga Rossii ot 24.09.2009 g. № 853 "Ob utverzhdenii Strategii razvitiya legkoy promyshlennosti i Plana meropriyatiy po ee realizatsii") [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96394/>

2. Silka D.N. Prioritetnye voprosy razvitiya tekstil'noy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 1. S. 37...43

3. Karaseva A.I., Kostyleva V.V., Litvin E.V. K voprosu ob ob"ektakh intellektual'noy sobstvennosti v sfere legkoy promyshlennosti // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATSI-2020. Chast' 1. – М.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2020. S. 169...172.

4. Nikolaeva M.S. Pravovaya okhrana dizayna (modeli) odezhd: Dis. ... kand. yur. nauk. – М., 2016.

5. Kryukova A.I., Sushchenko M.S., Tatarinova E.P. Patentovanie "modnykh" promyshlennykh obraztsov kak panatseya ot innovatsionnykh riskov // Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatischeva. – 2019, 2 tom 1. S. 114...120.

6. Banterle Francesco. The Interface between Data Protection and IP law: The Case of Trade Secrets and Database Sui Generis Right in Marketing Operations, and the Ownership of Raw Data in Big Data Analysis (December 2, 2016). Personal Data in Competition, Consumer Protection and Intellectual Property Law Towards a Holistic Approach?, Bakhoun, M., Conde Gallego, B., Mackenrodt, M.-O., Surblytė-

Namavičienė, G. (Eds.), 2016, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3276710>.

7. Karaseva A.I., Kostyleva V.V. Razrabotka i obosnovanie konstruktsiy izdeliy iz kozhi s transformiruemymi elementami. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2019.

8. Karaseva A.I., Kostyleva V.V. Obuv' kak ob"ekt dizaynerskogo tvorchestva // Dizayn i tekhnologii. – 2018, №66. S. 29...35.

9. Penelope Pérez Intellectual Property in the Fashion Industry, April 8, 2021, Available at SSRN: <https://igerent.com/intellectual-property-fashion-industry>.

10. Bogdanova T.D. Ob"ekty patentnykh prav i ikh pravovoy rezhim po rossiyskomu zakonodatel'stvu: Dis. ... kandi. yur. nauk. – Volgograd, 2015.

11. Grin' E.S. Otdel'nye voprosy ispol'zovaniya rezul'tatov tvorcheskogo truda v sostave slozhnykh

ob"ektov intellektual'nykh prav // LexRussica. – 2018, 10(143). S. 50...57.

12. Danilova S.A. K voprosu o soderzhatel'noy osnove formirovaniya professional'nykh kompetentsiy budushchikh spetsialistov legkoy promyshlennosti v usloviyakh sovremennoy obrazovatel'noy sredy // Evraziyskiy Soyuz Uchenykh. – 2015, 11 (20). S. 53...55

13. Chadha & Chadha Intellectual Property Law Firm. Significance of intellectual property in the fashion industry, March 19, 2020, Available at SSRN: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=3011b365-d004-402f-8a62-1a52265787b0>.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика управления и организация производства

<i>Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Герасименко И.И., Скляренко Р.П., Крыгина И.Е., Лукашевич А.И.</i> Анализ стратегических направлений развития легкой промышленности Российской Федерации до 2025 года с использованием подхода 4Р "Ориентация на результаты"	5
<i>Хамматова Э.А., Гайнутдинов Р.Ф.</i> Анализ рынка мембранных материалов из гидрофобных полимерных волокон для верхней одежды	18
<i>Капусткин А.С.</i> Экономико-правовые аспекты изготовления тканевых элементов (ленты и розетки) государственных наград Российской Федерации	23
<i>Оборин М.С.</i> Моделирование бизнес-процессов на предприятиях текстильной промышленности сельских территорий	26

Материаловедение

<i>Грибова Е.В., Шустов Ю.С., Иванов В.В.</i> Использование тепловизора для контроля теплоизоляционных свойств нетканых материалов	30
<i>Курденкова А.В., Буланов Я.И., Бондарчук М.М., Грязнова Е.В.</i> Комплексная оценка качества трикотажных полотен для детского белья после стирок	34
<i>Грибова Е.В., Новиков А.Н., Фирсов А.В., Иванов В.В.</i> Разработка лабораторного комплекса для оперативного контроля теплоизоляционных свойств текстильных материалов	39
<i>Осипова Л.И., Ануфриева М.Ф., Курденкова А.В., Винокурова Т.И., Буланов Я.И., Люкишинова И.В., Маркова К.А.</i> Исследование прочности различных видов узлов хирургических шовных материалов	44
<i>Белицкая О.А., Фокина А.А., Рыкова Е.С., Максимова И.А., Конарева Ю.С.</i> Влияние климатических параметров на трибоэлектрические свойства материалов специальной обуви	48
<i>Рыжкова Е.А., Исаева Е.А.</i> Совершенствование контроля качества готовой ткани в отделочном производстве	53
<i>Шарпар Н.М., Жмакин Л.И., Маркова К.А., Осипова Л.И.</i> Методы стационарного и нестационарного исследования водяного аппарата солнечного коллектора с текстильной гелиопанелью трубчатого типа	58
<i>Шустов Ю.С., Плеханова С.В., Шитова Т.И., Люкишинова И.В.</i> Сравнение методик оценки распространения пламени на свойства специальной одежды	63
<i>Буланов Я.И., Курденкова А.В., Бондарчук М.М., Грязнова Е.В.</i> Оценка уровня качества мебельных тканей после износа от истирания	67
<i>Плеханова С.В., Строганова Ю.А., Виноградова Н.А.</i> Исследование свойств медицинских эластичных компрессионных изделий	73
<i>Смирнова Н.А., Лапшин В.В., Замышляева В.В., Грузинцева Н.А.</i> Исследование и прогнозирование драпируемости костюмно-платьевых чистольняных тканей	78
<i>Хамматова Э.А., Абуталипова Л.Н.</i> Сохранение качества наноструктурированных текстильных материалов после эксплуатационной носки специальной одежды	83

Первичная обработка. Прядение

<i>Плеханов А.Ф., Тожимирзаев С.Т., Ласточкин П.Д., Ибрагимов Х.И.</i> Исследование влияния технологических параметров ленточной машины на показатели качества продуктов прядильного производства	89
---	----

Технология текстильных изделий

<i>Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н., Федорова Т.А., Мезенцева Е.В., Иванов В.В.</i> Исследование влияния радиационной стерилизации на нетканый материал Холлофайбер®	94
<i>Каратаев М.С., Таипулатов С.Ш., Нурмаматова О.И., Мамедова Х.Ф., Ахмедов Р.Т., Рузибоев Н.Н.</i> Разработка технологии получения формоустойчивого двустороннего футерованного трикотажа	101
<i>Заваруев Н.В., Туболушкина А.Г., Колесникова Е.Н.</i> Методика расчета расхода сырья для сложных структур и заправок основовязанных полотен	105
<i>Щугарева С.С., Юхин С.С., Фомина О.П.</i> Технология вязания кулирного трикотажа на базе структур "сплит - петель"	112
<i>Романов В.Ю., Бойко С.Ю.</i> Разработка оптимальных технологических параметров выработки пельтальной ткани с максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей основы	116

Химия и технология отделки и модификации

<i>Бондарчук М.М., Аниськова В.А., Федорова Н.Е.</i> Получение нетканых полотен с гидрофобными свойствами	122
<i>Середина М.А.</i> Снижение пожарной опасности полимерных материалов различной химической природы	126
<i>Хазанов Г.И., Апарушкина М.А.</i> Исследование кинетики вымывания олова из сукон и модельных пленок	132
<i>Фидоровская Ю.С., Медушева Е.О., Коровина М.А., Кричевский Г.Е., Олтаржевская Н.Д.</i> Особенности технологии получения раневых покрытий с протеолитическим и антимикробным действием	137
<i>Гудок А.А., Никульников Ф.М., Кобраков К.И., Ручкина А.Г.</i> Подбор антиоксидантов для повышения стабильности натуральных красителей относительно действия УФ-облучения и повышенной температуры	143
<i>Селезнев В.С., Кузнецов Д.Н., Бычкова И.Н., Кобраков К.И., Исаева Т.А.</i> Разработка схем синтеза на базе 2,4,6-тригидрокситолуола и изучение свойств соединений, обладающих эффективными хемосорбционными свойствами и перспективных для решения технологических и природоохранных задач	150
<i>Калдыбаев Р.Т., Набиев Д.С., Калдыбаева Г.Ю., Жунисбекова Д.А., Байдибекова А.О., Махмудова М.А.</i> Композиционный стабилизатор пероксида водорода для отбеливания хлопковой целлюлозы	157
<i>Хусанов А.Е., Атаманюк В.М., Кобеева З.С., Калдыбаева Б.М., Джанабаев Д.Ж.</i> Теплообменные закономерности фильтрационной сушки волокнистого материала	162

Швейное производство

<i>Каямова Р.Ф., Григорьева З.Р., Будеева О.Н.</i> Разработка одежды для детей с врожденными и приобретенными нарушениями осанки	169
<i>Тамбовцева Е.П., Зарецкая Г.П.</i> Проектирование изменяемых элементов пакета материалов для создания универсальных средств индивидуальной защиты	175

Текстильные машины и агрегаты

<i>Исмаилов А.А., Нарматов Э.А., Бутовский П.М.</i> Модернизация колосниковой решетки пыльного джина	180
<i>Пашин Е.Л., Орлов А.В.</i> Направления модернизации разрывной машины РМП-1 для стандартных испытаний льняного волокна	186
<i>Муродов О.Ж., Ражабов О.И.</i> Результаты экспериментального исследования нагруженности и характера колебаний многогранной сетки на упругих опорах очистителя хлопка	191
<i>Абзалова Д.А., Абшенов Х.А., Мырзалиев Д.С., Молдагалиев А.Б., Сейдуллаева О.Б., Сеилханов Т.</i> Способы защиты различной техники и оборудования текстильной промышленности от коррозии при эксплуатации и хранении	198

Автоматизация и информационные технологии

<i>Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Литвинов А.М.</i> Корректировка параметров математических моделей деформационных процессов полимерных текстильных материалов с целью повышения точности их прогнозирования	205
<i>Белюсов А.С., Овсянников Д.А., Абрамин В.Ю.</i> Моделирование и анализ пространственных двухфазных течений с закруткой потока	212
<i>Королева Н.А., Полякова Т.И., Грязнова Е.В., Голайдо С.А.</i> Многокритериальная оптимизация параметров нетканого геотекстиля для укрепления откосов земляного полотна	217
<i>Комбаров Ю.С., Рыжкова Е.А.</i> К вопросу о создании автоматической системы управления процессом пропитки периодического действия	223

Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

<i>Сафин Р.Г., Сотников В.Г., Зиатдинова Д.Ф.</i> Пирогенетическая переработка органических отходов текстильной промышленности в адсорбенты	229
<i>Хусанов А.Е., Джамалова З.И., Калдыбаева Б.М., Турдыбекова Д.А., Сабырханов М.Д.</i> Гидродинамика аппарата с регулярной структурой адсорбента для очистки сточных вод текстильных предприятий	235
<i>Голов Р.С., Костыгова Л.А., Смирнов В.Г.</i> Использование текстильных отходов: анализ состояния и перспективы развития	241

Техническая эстетика и дизайн

<i>Ванькович С.М.</i> Эволюция "русского стиля" в европейской женской моде первой трети XX века ..	251
<i>Юсупов А.Н., Юсупова А.А., Иманалиев К.Е., Анарбаев Е.А., Тунгатаева А.М.</i> Семантика орнаментальных писем Евразии	258

Передовые производственные технологии

<i>Коновалова О.Б., Минец В.В., Бокова Е.С., Костылева В.В., Белицкая О.А.</i> Полимерные материалы для 3d-печати и возможность их применения в обувном производстве: ассортимент пластмасс инновационной функциональности	262
--	-----

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Карасева А.И., Костылева В.В., Белгородский В.С., Синева О.В.</i> Исследование осведомленности студентов об использовании результатов творческого труда как объектов интеллектуальных прав	268
---	-----

CONTENTS

Economics and Production Planning

<i>Filatov V.V., Mishakov V.Yu., Gerasimenko I.I., Sklyarenko R.P., Krygina I.E., Lukashevich A.I.</i> Analysis of the Strategic Directions of the Russian Federation Light Industry Development up to 2025 Using the 4P "Results Orientation" Approach	5
<i>Khammatova E.A., Gainutdinov R.F.</i> Market Analysis of Membrane Materials Made of Hydrophobic Polymer Fibers for Outerwear	18

<i>Kapustkin A.S.</i> Economic and Legal Aspects of the Russian Federation State Awards Fabric Elements (Ribbons and Rosettes) Manufacture	23
<i>Oborin M.S.</i> Modeling of Business Processes in the Rural Areas Textile Industry Enterprises	26

Materials

<i>Gribova E.V., Shustov Uy.S., Ivanov V.V.</i> Use of Thermal Imager for Control Thermal Insulation Properties of Nonwovens	30
<i>Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I., Bondarchuk M.M., Gryaznova E.V.</i> Comprehensive Assessment of the Quality of Knitted Fabrics for Children's Underwear after Washings	34
<i>Gribova E.V., Novikov A.N., Firsov A.V., Ivanov V.V.</i> Development of a Laboratory Complex for Operational Control of Thermal Insulation Properties of Textile Materials	39
<i>Osipova L.I., Anufrieva M.F., Kurdenkova A.V., Vinokurova T.I., Bulanov Ya.I., Lyukshinova I.V., Markova K.A.</i> Research of Strength of Different Knot Kinds of Surgical Suture Material	44
<i>Belitskaya O.A., Fokina A.A., Rykova E.S., Maksimova I.A., Konareva Yu.S.</i> Influence of Climate Parameters on Triboelectric Properties of Special Footwear Materials	48
<i>Ryzhkova E.A., Isaeva E.A.</i> Improvement of Quality Control Methods of Finished Fabric in Finishing Production	53
<i>Sharpar N.M., Zhmakin L.I., Markova K.A., Osipova L.I.</i> Methods of Stationary and Non-Stationary Research of A Water Apparatus of A Solar Collector With A Textile Heliopanel of A Tubular Type	58
<i>Shustov Yu.S., Plekhanova S.V., Shitova T.I., Lyukshinova I.V.</i> Comparison of the Method of Flame Distribution Evaluation on the Properties of Special Clothing	63
<i>Bulanov Ya.I., Kurdenkova A.V., Bondarchuk M.M., Gryaznova E.V.</i> Evaluation of the Quality Level of Furniture Fabrics After Wear From Abrasion	67
<i>Plekhanova S.V., Stroganova Yu.A., Vinogradova N.A.</i> Investigation of the Properties of Medical Elastic Compression Products	73
<i>Smirnova N.A., Lapshin V.V., Zamyshlaeva V.V., Gruzintseva N.A.</i> Drapery Research and Forecasting of Costume and Dress Pure Linen Fabrics	78
<i>Khammatova E.A., Abutalipova L.N.</i> Preservation of the Quality of Nanostructured Textile Materials after the Operating Wear of Special Clothes	83

Preliminary Treatment. Spinning

<i>Plekhanov A.F., Tojimirzaev S.T., Lastochkin P.D., Ibragimov Kh.I.</i> Research of the Drawing Frame Technological Parameter Influence on the Quality Indicators of Spinning Products	89
--	----

Technology of Textile Products

<i>Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Hakimullin Yu.N., Fedorova T.A., Mezentsseva E.V., Ivanov V.V.</i> Studies on the Effects of Radiation Sterilization on Non-Woven Fabric Hollofiber®	94
<i>Karatayev M.S., Tashpulatov S.Sh., Nurmatova O.I., Mamedova Kh.F., Akhmedov R.T., Ruziboyev N.N.</i> Development of Technology of Elastic Doublefaced Flucy Knitwear Obtaining	101
<i>Zavaruev N.V., Tubolushkina A.G., Kolesnikova E.N.</i> Methodology for Calculating the Consumption of Raw Materials for Complex Structures and Refueling of Warp-Knitted Fabrics	105
<i>Shchugareva S.S., Yukhin S.S., Fomina O.P.</i> the Technology of Knitting Knitwear Based on the Structures of "Split-Loops"	112
<i>Romanov V.Yu., Boyko S.Yu.</i> Development of Optimal Technological Parameters of Producing Terry Fabrics with a Maximum Resistance of the Warp Threads to Repeated Stress	116

Chemistry and Technology of Finishing and Modification

<i>Bondarchuk M.M., Aniskova V.A., Fedorova N.E.</i> Nonwoven Fabrics with Hydrophobic Properties Production	122
--	-----

<i>Seredina M.A.</i> Reducing the Fire Hazard of Polymeric Materials of Various Chemical Nature	126
<i>Khazanov G.I., Aparushkina M.A.</i> Study of Kinetics of Tin Washing out from Clothes and Model Films	132
<i>Fedorovskaya Yu.S., Medusheva E.O., Korovina M.A., Krichevsky G.E., Oltarzhevskaya N.D.</i> Features of the Technology for Obtaining Wound Coverings with Proteolytic and Antimicrobial Action	137
<i>Gudok A.A., Nikulnikov F.M., Kobrakov K.I., Ruchkina A.G.</i> Selection of Antioxidants to Increase the Stability of Natural Dyes Against Uv-Radiation and High Temperature	143
<i>Seleznev V.S., Kuznecov D.N., Bychkova I.N., Kobrakov K.I., Isaeva T.A.</i> Development of Synthesis Schemes on the Basis of 2,4,6-Trihydroxytoluene and Study of the Properties of Compounds with Effective, Chemosorption Properties and Perspective for Solution of Technological and Environmental Tasks	150
<i>Kaldybayev R.T., Nabiyeu D.S., Kaldybayeva G.Yu., Zhunisbekova D.A., Baidibekova A.O., Makhmudova M.A.</i> Composite Hydrogen Peroxide Stabilizer for Cotton Cellulose Bleaching	157
<i>Khussanov A.Ye., Atamanyuk V.M., Kobeyeva Z.C., Kaldybayeva B.M., Janabayev D.Zh.</i> Heat and Mass Transfer Patterns of Filtration Drying of Fibrous Material	162

Sewing

<i>Kayumova R.F., Grigorieva Z.R., Budeeva O.N.</i> Clothes Design for Children with Congenital and Acquired Posture Disorders	169
<i>Tambovtseva E.P., Zaretskaya G.P.</i> Variable Elements of a Material Package Design for the Creation of Universal Personal Protective Equipment	175

Textile Machines and Aggregates

<i>Ismailov A.A., Narmatov E.A., Butovsky P.M.</i> Modernization of the Saw Gin Grate	180
<i>Pashin E.L., Orlov A.V.</i> Modernization Directions of Tensile Strength Testing Machine RMP-1, for Standardized Flax Fiber Testing	186
<i>Murodov O.J., Rajabov O.I.</i> Results of an Experimental Study of the Load and the Character of a Multi-Face Net Vibrations on Elastic Cotton Cleaner Supports	191
<i>Abzalova D.A., Abshenov Kh., Myrzaliyev D.S., Moldagaliev A.B., Seidullayeva O.B., Seilkhanov T.</i> Methods of Various Textile Machinery and Equipment Protection Against Corrosion During Operation and Storage	198

Automation and Information Technologies

<i>Demidov A.V., Makarov A.G., Pereborova N.V., Litvinov A.M.</i> Correction of Mathematical Model Parameters of Polymeric Textile Material Deformation Processes with the Purpose of Increasing the Prediction Accuracy	205
<i>Belousov A.S., Ovsyannikov D.A., Abramov V.Yu.</i> Modeling and Analysis of Spatial Two-Phase Streams with a Swinged Flow	212
<i>Koroleva N.A., Polyakova T.I., Gryaznova E.V., Golajdo S.A.</i> Multi-Criteria Optimization of the Parameters of Nonwoven Geotextiles for Strengthening the Slopes of the Subgrade	217
<i>Kombarov Yu.S., Ryzhkova E.A.</i> To the Subject of the Automatic Control System Creation of the Periodic Action Impregnation Process	223

Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

<i>Safin R.G., Sotnikov V.G., Ziatdinova D.F.</i> Textile Industry Organic Waste Pyrogenetic Processing into Adsorbents	229
<i>Khussanov A.Ye., Jamalova Z.I., Kaldybayeva B.M., Turdybekova D.A., Sabyrkhanov M.D.</i> Hydrodynamics of a Device with a Regular Adsorbent Structure for Wastewater Treatment of Textile Enterprises	235
<i>Golov R.S., Kostygova L.A., Smirnov V.G.</i> The Use of Textile Waste: Analysis of the State and Development Prospects	241

Technical Aesthetics and Design

<i>Vankovich S.M.</i> Evolution of “Russian Style” in European Women’s Fashion of the First Third of the 20 th Century	251
<i>Yussupov A.N., Yussupova A.A., Imanaliev K.E., Anarbayev E.A., Tungatayeva A.M.</i> Semantics of Ornamental Patterns of Eurasia	258

Advanced Manufacturing Technologies

<i>Konovalova O.B., Minets V.V., Bokova E.S., Kostyleva V.V., Belitskaya O.A.</i> Polymer Materials for 3D Printing and the Possibility of their Use in Shoe Production: Range of Plastics of Innovative Functionality	262
---	-----

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Karaseva A.I., Kostyleva V.V., Belgorodsky V.S., Sineva O.V.</i> Research of Students' Awareness about the Use of Creative Work Results as Intellectual Rights Objects	268
---	-----