

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 (401)
2022

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.), М.В. БОЛСУНОВСКАЯ (к.т.н., проф.), Н.А. ГРУЗИНЦЕВА (д.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.), А.П. МОРЫГАНОВ (д.т.н., проф.), Е.Н. НИКИФОРОВА (д.т.н., проф.), О.И. ОДИНЦОВА (д.т.н., проф.), Н.В. ПЕРЕБОРОВА (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.), М.Н. ТИТОВА (д.э.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.), О.Г. ЦЫРКИНА (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), GERŠAK 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 *Е.Н. КАЛИНИН*

*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 01.10.2022. Подписано в печать 30.10.2022. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 24,44; Усл. кр.-отт. 27,69. Заказ 4944.

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", 2022

**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 (401)
2022**

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.), M.V. BOLSUNOVSKAYA (k.en.s., prof.), N.A. GRUZINTSEVA (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.), A.P. MORYGANOV (d.en.s., prof.), E.N. NIKIFOROVA (d.en.s., prof.), O.I. ODINTSOVA (d.en.s., prof.), N.V. PEREBOROVA (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.), M.N. TITOVA (d.ec.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.), O.G. TSYRKINA (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 (dens., 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 *E.N. KALININ*

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

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796. Passed for typesetting on 01.10.2022. Signed for printing on 30.10.2022. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 24.44 conventional sheets. 27.69 conventional. Order 4944.

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: presssto@mail.ru

УДК 677.17

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_5

**САМООЧИЩАЮЩИЕСЯ НАНОРАЗМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ
НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ****SELF-CLEANING NANOSCALE COATINGS ON TEXTILE MATERIALS***К.А. ЕРЗУНОВ, О.И. ОДИНЦОВА, А.В. ТРЕГУБОВ, М.Д. ИЛЬИЧЕВА**K.A. ERZUNOV, O.I. ODINTSOVA, A.V. TREGUBOV, M.D. ILYICHEVA***(Ивановский государственный химико-технологический университет)****(Ivanovo State University of Chemistry and Technology)**

E-mail: erzunovk@mail.ru

На сегодняшний день остро встает вопрос обеспечения безопасности человека от различных внешних воздействий: защита от вирусов и бактерий, блокирование вредного УФ-излучения, защита от загрязняющих и токсичных веществ. Большое внимание уделяется созданию специального функционального текстиля с самоочищающимися свойствами. Перспективными препаратами для отделки текстильных материалов являются препараты на основе наночастиц оксидов металлов и оксида графена. В работе изложены общие принципы использования различных модификаторов для придания волокнистым материалам самоочищающихся свойств, методики их синтеза, а также особенности нанесения на текстильную основу. Широкое применение при создании самоочищающегося текстиля находят наночастицы на основе оксида цинка и оксида титана, обладающие высокими фотокаталитическими свойствами. Покрытия на их основе под действием ультрафиолетового излучения способствуют быстрому разложению органических загрязнителей на поверхности текстильного материала. Принцип действия оксида графена основан на взаимодействии электронного облака молекулы оксида графена с электронной системой молекулы загрязнителя, что приводит к ее разложению. Рассмотрено влияние методов синтеза на свойства полученных покрытий. Описаны особенности формирования покрытий на синтетических и природных волокнистых материалах. Показана необходимость использования предварительной активации текстильной поверхности, а также допирования наночастиц другими металлами для увеличения самоочищающихся свойств покрытий.

Today, the issue of ensuring human safety from various external influences is sharply raised: protection from viruses and bacteria, blocking harmful UV radiation, protection from pollutants and toxic substances. Great attention is paid to the

creation of special functional textiles with self-cleaning properties. Promising preparations for finishing textile materials are preparations based on nanoparticles of metal oxides and graphene oxide. The paper outlines the general principles of using various modifiers to impart self-cleaning properties to fibrous materials, the methods of their synthesis, as well as the features of application to a textile base. Nanoparticles based on zinc oxide and titanium oxide, which have high photocatalytic properties, are widely used in the creation of self-cleaning textiles. Coatings based on these particles under the action of ultraviolet radiation contribute to the rapid decomposition of organic pollutants on the surface of the textile material. The principle of operation of graphene oxide is based on the interaction of the electron cloud of the graphene oxide molecule with the electronic system of the pollutant molecule, which leads to its decomposition. The effect of synthesis methods on the properties of the resulting coatings is considered. The features of the coating formation on synthetic and natural fibrous materials are described. The necessity of using preliminary activation of the textile surface, as well as doping of nanoparticles with other metals to increase the self-cleaning properties of coatings, is shown.

Ключевые слова: самоочищающийся текстиль, наночастицы, фотокаталитическая активность, частицы оксида титана, наночастицы оксида цинка.

Keywords: self-cleaning textiles, nanoparticles, photocatalytic activity, titanium oxide particles, zinc oxide nanoparticles.

Введение

В современном мире возникает потребность защиты человека от целого ряда негативных факторов окружающей среды, для чего могут быть использованы материалы, улучшенные различными модификаторами. В связи с этим одной из важнейших задач современного материаловедения является получение функциональных материалов с заданными свойствами [1]. Большой упор при этом делается на создание самоочищающихся покрытий на различных материалах: стекле, пластике, а также самоочищающийся текстиль специального назначения. К подобному текстилю можно отнести костюмы работников атомных электростанций, специальных военных частей, космических станций.

Рассматривают несколько механизмов придания текстильным материалам свойств самоочистки от различных загрязнителей [2], [3]. Первый предполагает создание на поверхности области с пониженной поверхностной энергией, в результате чего материал приобретает гидрофобные свойства. При этом частицы загрязнителя не мо-

гут удержаться на ткани и легко вымываются с поверхности.

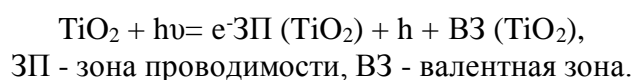
Вторым подходом к самоочищению текстиля от попадающих на него загрязнений является нанесение покрытий, проявляющих фотокаталитическую активность [4], [5]. Для создания подобных текстильных материалов могут быть использованы модификаторы на основе оксидов металлов, таких как TiO_2 , ZnO , Al_2O_3 и других, обладающих свойствами фотокатализаторов. Подобные вещества при переходе в возбужденное состояние генерируют радикалы и активные частицы, способные взаимодействовать с хромофорными частями органических загрязнителей с последующим их разрушением. Однако нанесение их на ткань может оказывать негативное влияние на волокнообразующий полимер и быть вредным при контакте с кожей человека.

Неустойчивость текстильных полотен к различным физико-химическим воздействиям известна со времен их появления. Помимо того, что ткань под воздействием внешних факторов теряет показатели как в разрывной нагрузке, так и во внешнем виде

(выцветание, выгорание, гниение), полученные свойства являются недолговечными и слабовыраженными. В настоящее время эта проблема частично решена, но и по сей день разрабатываются новые способы отделки для предотвращения этих изъянов. В данном направлении наиболее эффективна отделка наночастицами (НЧ) различных соединений. При этом наносится ультратонкое равномерное покрытие с минимальной концентрацией модификатора. Такое небольшое количество не оказывает воздействия на организм человека и является достаточным для активного проявления функциональных свойств.

Покрытия на основе наночастиц TiO_2

Наиболее простой метод придания волокнистым материалам фотохимической активности основан на формировании на их поверхности покрытий на основе наноразмерного TiO_2 , который является эффективным фотокатализатором.



Полученные электронно-дырочные пары способны участвовать в окислительно-восстановительных реакциях разложения органических веществ, адсорбированных на поверхности материала, модифицированного диоксидом титана [8].

На рис. 1 показан принцип фотокаталитического действия наноразмерного TiO_2 [7], [8].

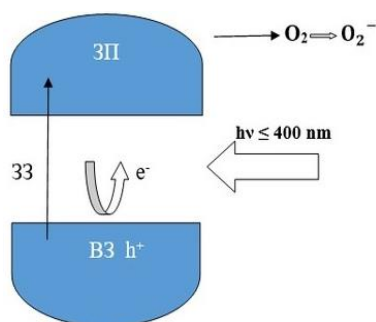


Рис. 1

На сегодняшний день разработано множество методов синтеза диоксида титана. Самыми распространенными методиками являются золь-гель метод, основанный на

Среди многих достоинств диоксида титана обычно отмечают его инертность в химически активных средах, высокую фотохимическую активность и долгосрочную фотостабильность. Кроме того, диоксид титана дешевле большинства других фотокатализаторов.

Кристаллический диоксид титана может находиться в различных аллотропных модификациях: анатаз, рутил и брукит [6]. Анатаз является наиболее стабильной формой TiO_2 , обладающей большей фотокаталитической активностью.

Диоксид титана обладает полупроводниковой структурой и для инициирования фотокаталитических реакций необходимо поглощение энергии света, превышающей ширину запрещенной зоны TiO_2 , которая составляет от 3 до 3,2 эВ [7]. Облучение диоксида титана квантами света приводит к появлению электронно-дырочных пар (e^-/h^+), как в уравнении:

получении диоксида титана путем гидролиза содержащих титан прекурсоров, метод прямых и обратных мицелл, гидротермальный метод [9].

Золь-гель синтез является наиболее перспективным и хорошо изученным методом синтеза наночастиц TiO_2 , поскольку имеет ряд преимуществ: низкую температуру проведения, универсальность рабочих характеристик и однородность продуктов на молекулярном уровне. Золь-гель синтез [10], [11] осуществляют гидролизом предшественника титана, обычно хлорида титана (IV) [12] или титантетраизопророксида в смеси воды и спирта, в кислой среде. Он включает реакцию гидролиза соответствующего предшественника Ti и последующую реакцию полимеризации, приводящую к образованию жидкой зольной фазы. На продукты этих реакций влияют: скорость гидролиза, количество воды, отношение TiO_2 / вода, температура и время реакции. Показано, что скорость укрупнения частиц увеличивается с повышением температуры, поскольку вязкость раствора и

растворимость TiO_2 зависят от температуры. Средний радиус наночастицы TiO_2 линейно увеличивается в течение всей реакции. Полная полимеризация и потеря растворителя приводят к образованию геля.

1. $\equiv\text{M-OR} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \equiv\text{M-OH} + \text{ROH}$ - гидролиз
2. $\equiv\text{M-OH} + \text{HO-M}\equiv \rightarrow \equiv\text{M-O-M}\equiv + \text{H}_2\text{O}$ – полимеризация
3. $\equiv\text{M-OH} + \text{RO-M}\equiv \rightarrow \equiv\text{M-O-M}\equiv + \text{ROH}$

Получение наночастиц TiO_2 золь-гель синтезом при низких температурах имеет первостепенное значение для текстильных изделий. Различные типы аминов, действующих в качестве поверхностно-активных веществ, могут быть использованы в качестве регуляторов формы, образующихся наночастиц при золь-гель синтезе. Наиболее часто используемыми для этой цели аминами являются триэтаноламин, диэтилентриамин, этилендиамин, триметилендиамин и триэтилентетрамин [13].

Некоторые исследовательские группы разработали методы получения наночастиц TiO_2 при температурах ниже 100°C без последующей термообработки. Такие реакции всегда выполняются в кислых средах, в присутствии уксусной, азотной или хлорной кислоты [14].

Гидротермальный и сольватометрический методы синтеза реализуют в стальных сосудах, автоклавами, под давлением, с тефлоновыми вкладышами или без них, при контролируемой температуре и / или давлении в водных растворах [15]. Недостатком гидротермального метода является дороговизна оборудования и невозможность наблюдения за кристаллами в процессе роста. Для сольватометрического метода используется аналогичная технология проведения синтеза наночастиц, однако вместо водных растворов применяются неводные растворители. Основным недостатком такого метода состоит в отсутствии эффективного контроля за формой и размером синтезированных наночастиц, поэтому полученные частицы имеют широкое распределение по размерам [16].

В настоящее время уже выпускается большое количество самоочищающихся

Золь-гель-метод обычно дает аморфные наночастицы, которые превращаются в кристаллический TiO_2 путем нагревания при температурах выше 400°C .

стекол и строительных материалов с фотокаталитическими свойствами [17]. Несомненно, существует также потребность в самоочищающихся текстильных материалах специального назначения, причем указанные свойства особенно важны для синтетических тканей. Однако ткани, обладающие такими свойствами, до сих пор не производятся, хотя исследования по созданию научных основ технологии их отделки ведутся достаточно интенсивно.

До настоящего времени основные исследования по применению НЧ TiO_2 в текстильных материалах проводятся на хлопчатобумажных тканях [18], [19]. Во многих работах используются наночастицы диоксида титана, полученные золь-гель методом с использованием тетраизопропоксида и хлорида титана в качестве прекурсоров.

Наночастицы TiO_2 , нанесенные на хлопчатобумажную ткань, обеспечивают максимальный рейтинг UPF 50+ с полной блокировкой УФ-излучения от 332 до 280 нм наряду с высокими фотокаталитическими свойствами. Такой высокий рейтинг UPF иллюстрирует значительный вклад НЧ TiO_2 в защитные свойства от УФ-излучения, принимая во внимание, что необработанная ткань не обладает УФ-защитными свойствами.

Несмотря на небольшое увеличение УФ-пропускания, максимальный показатель UPF сохраняется даже после более 30 стирок в домашних условиях [18], [19]. Предполагается, что это обусловлено образованием ковалентной связи между гидроксильными группами TiO_2 и гидроксильными группами хлопка [18], [19]. Устойчивость к мокрым обработкам является одним из важных требований, предъявляемых к

функциональным текстильным материалам.

Отмечено, что хлопчатобумажные ткани, покрытые наночастицами TiO_2 , проявляют бактерицидные свойства против грамотрицательных бактерий *Klebsiella pneumoniae* и грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus*. Кроме того, прочность тканей на разрыв увеличивается по сравнению с необработанными образцами.

Для повышения степени фиксации наночастиц оксида титана на поверхности ткани проведены исследования по улучшению связывания молекул целлюлозы с наночастицами [20]. С этой целью используют в качестве химических спейсеров янтарную кислоту, 1,2,3-пропантрикарбовую кислоту и 1,2,3,4-бутантетракарбовую кислоту, которые могут быть связаны как с TiO_2 , так и с волокном. Таким образом, спейсеры должны иметь не менее двух карбоксильных групп. Эфирная связь устанавливается между одной карбоксильной группой спейсера и гидроксильной группой целлюлозы, что подтверждается ИК-спектроскопией. Другие карбоксильные группы спейсера могут закреплять TiO_2 за счет электростатического взаимодействия.

Химическая и различные виды плазменной активации могут привести к лучшей адгезии наночастиц на хлопчатобумажном волокне [21]. Обработка коронным разрядом при атмосферном давлении и обработка ВЧ-плазмой воздуха при низком давлении приводит к хорошей фиксации и увеличению фотокаталитических свойств для наночастиц диоксида титана.

Проведено исследование по приданию шерстяным тканям самоочищающихся свойств с использованием наноразмерного TiO_2 [22]. Фотокаталитическая активность полученных тканей была проверена на каплях вина (рис. 2 – разрушение пятен от красного вина на чистом шерстяном волокне, шерстяном волокне, покрытом наночастицами TiO_2 , и сукцинированных шерстяных волокнах, покрытых наночастицами TiO_2 , через 0, 8 и 20 ч светового облучения [22]).

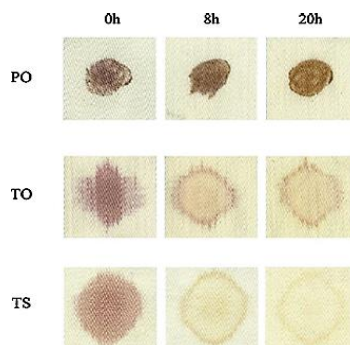


Рис. 2

Образцы облучались ультрафиолетовым излучением в течение 20 ч. Ткани, модифицированные диоксидом титана, с пятнами органического загрязнителя, практически полностью обесцвечиваются после длительного воздействия света. При этом сам материал практически не теряет своей прочности.

Методы синтеза и свойства ZnO

Наряду с диоксидом титана эффективным фотокаталитическим агентом может служить наноразмерный оксид цинка. В последние годы оксид цинка зарекомендовал себя как перспективный материал из-за его уникальных физических и химических свойств, таких как высокая химическая и механическая стабильность, широкий диапазон поглощения излучения, высокая каталитическая активность, нетоксичность и т. д. [22...25].

Оксид цинка, как и оксид титана, обладает полупроводниковой природой [26]. ZnO обладает уникальными оптическими, химическими, полупроводниковыми, электропроводными и пьезоэлектрическими свойствами [27]. Он характеризуется широкой запрещенной зоной (3,3 эВ) в ближнем УФ-спектре, высокой энергией связи (60 мэВ) при комнатной температуре [28...30] и естественной электропроводностью [31]. Широкая запрещенная зона ZnO существенно влияет на его свойства, такие как электропроводность и оптическое поглощение, притом проводимость увеличивается при допировании ZnO другими металлами [32].

На рис. 3 показан механизм фотокаталитического действия наноразмерного ZnO [23].

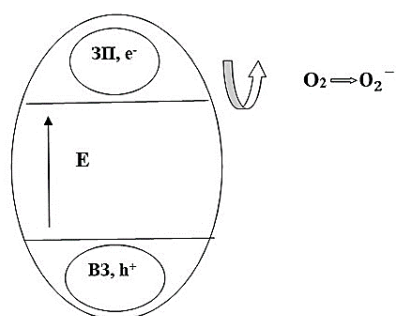


Рис. 3

Оксид цинка может иметь множество структур. Он может находиться в одномерном (1D), двумерном (2D) и трехмерном (3D) виде [33]. Одномерные структуры составляют самую большую группу, включающую иглы, спирали, наностержни, ленты, ремни и гребни. Оксид цинка может иметь двумерную структуру, такую как нанопеллеты и нанопластины [33]. Примерами трехмерных структур оксида цинка служат снежинки, одуванчик, и цветок [34]. Каждая наноструктура обладает определенными свойствами [35].

Оксид цинка может быть синтезирован с использованием множества различных методов, включая синтез микроэмульсии, золь-гель метод, пиролиз, контролируемое осаждение, синтез растворов и многие другие [36...38]. Свойства оксида цинка могут быть различны в зависимости от формы и размера частиц, что позволяет использовать определенные методы синтеза для конкретной области применения. На форму и размер оказывают влияние химические и физические параметры синтеза, тип растворителя, прекурсоры, pH и температура, однако химические методы позволяют лучше контролировать размер и морфологию частиц [40].

Ведутся всесторонние исследования влияния метода синтеза на структуру, морфологию, текстуру, химический состав и фотокаталитические характеристики наночастиц. Так, наночастицы оксида цинка, полученные полиоловым методом, являются более стабильными и обладают большей фотокаталитической активностью на ткани по сравнению с частицами, полученными

методом осаждения. Результаты показывают образование наночастиц ZnO со средним размером от 25 до 33 нм при изменении метода синтеза. Кинетическое исследование установило высокую скорость фотодegradации ализаринового красного S (ARS). Наночастицы, синтезированные методом полиолов, показали фотокаталитическую деструкцию, достигающую 99,5%.

Текстильные материалы с нанесенным ZnO

Для создания текстильных материалов с функциональными покрытиями на основе наночастиц ZnO используются различные методы нанесения. Среди них технологии нанесения покрытий такие, как окунание, золь-гель синтез, печать, электроосаждение и химическое осаждение.

Самоочищающие свойства наночастиц ZnO в основном изучались на хлопчатобумажных [40...42], полиэфирных (ПЭФ) [43], [44] и хлопкополиэфирных тканях [45]. Во многих исследованиях в качестве волокнистой основы для формирования покрытия используют именно полиэфирные и хлопкополиэфирные ткани из-за высокой упорядоченности и химической инертности волокон.

Важной характеристикой наноразмерных покрытий является степень их фиксации и распределение на поверхности волокон. На рис. 4 представлены СЭМ изображения ПЭФ ткани с нанесенным покрытием наночастиц ZnO (а) – до нанесения наночастиц; б) – после формирования наноразмерного покрытия) [46].

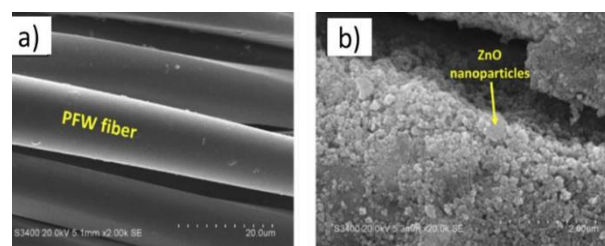


Рис. 4

После нанесения покрытия поверхность ПЭФ ткани полностью покрывается наночастицами ZnO, является гладкой и чистой. Однако на некоторых участках наблюдается агрегация наночастиц (рис. 4). Тем не

менее, в целом, покрытие наносится равномерно. Между волокнами не образуется пленки, как это обычно наблюдается при использовании препаратов с крупными частицами.

Свойства самоочистки зависят от содержания наночастиц на поверхности. Оценено влияние УФ-излучения различной интенсивности на такие органические загрязнители, как кофе, чай, вино, а также красители метиленовый синий и родамин Б [40...45]. Пятна наносили на поверхность текстильного материала, на которую воздействовали в разные промежутки времени. Показано, что более высокая концентрация ZnO приводила к усилению фотокаталитической деградации. Также фотокаталитическая активность зависит от степени фиксации покрытия на ткани. Например, предварительная активация полиэфира гидроксидом натрия усиливала адсорбцию наночастиц ZnO и, следовательно, самоочищающуюся деградацию метиленового синего [43].

Значительное увеличение фотокаталитической активности наблюдается при допировании наночастиц цинка атомами металлов. Фотоактивность наночастиц ZnO, допированных металлами, существенно зависит от способа получения, природы легированного иона и его концентрации. В последнее время широкое распространение получили присадки таких металлов, как Cu [47], Fe [48], Se [49], Ce [50] и Mn [51].

Подходящим допирующим агентом для улучшения фотокаталитической активности является алюминий, который является избыточным, недорогим и обладает исключительными физическими свойствами [52]. При допировании наблюдается деградация метилового оранжевого. В частицах, синтезируемых методом осаждения, максимальная фотокаталитическая активность проявляются при концентрации Al 3%. При получении подобной системы [52] методом сжигания показано, что концентрация алюминия 4% является оптимальной для улучшения фотокаталитической активности.

Разработан экологичный и ресурсосберегающий метод создания функционального полиэфирного материала с наночасти-

цами цинка. Наночастицы ZnO, полученные из отходов цинковых материалов, были успешно нанесены на отходы полиэфирной ткани (ПЭФ) методом погружения в горячий раствор с образованием новой фотоактивной системы ZnO/ПЭФ без добавления защитных слоев на поверхность, связующего или любых других химических вспомогательных веществ [53]. Пленка ZnO формируется непосредственно на поверхности волокна и поэтому не подвержена растрескиванию. ZnO/ПЭФ проявляет значительную фотокаталитическую активность в отношении разложения метиленового синего под действием УФ-света.

Фотокаталитическая активность ZnO/ПЭФ в основном объясняется высокой кристаллическостью наночастиц ZnO и способностью наночастиц ZnO образовывать 'электронно-дырочные пары валентной зоны и активные гидроксильные радикалы.

Фотокаталитическая активность ZnO/ПЭФ может сохраняться в течение нескольких циклов. Все эти результаты являются убедительным свидетельством потенциального использования ZnO/ПЭФ в качестве стабильного, эффективного и подходящего фотокатализатора для разложения стойких органических загрязнителей.

Покрывания на основе наноразмерного оксида графена

Еще одним перспективным материалом для создания самоочищающихся покрытий может выступать оксид графена (GO). За последнее десятилетие графен стал объектом обширных исследований из-за высокого потенциала его использования в качестве функционализирующего материала во многих областях.

В связи с быстрым развитием нанотехнологий в течение последних нескольких лет исследователи сосредоточили свое внимание на синтезированных «зеленых» наночастицах для удаления загрязняющих веществ.

Графен – одна из углеродных наноструктур, состоящая из гексагональных двумерных слоев атомов углерода, связанных sp^2 -связями [54]. В отличие от графена, в нем присутствуют поры, а на границах решетки к атомам углерода присоединены

кислородсодержащие группы (в первую очередь это гидрокси-, эпокси- и карбоксильные группы). По своим механическим свойствам оксид графена довольно близок к самому графену, однако его химические и электронные свойства несколько отличаются. Способность оксида графена разрушать органические загрязнители обусловлена π - π -взаимодействием между ароматическими кольцами красителя и графитовым каркасом, а также электростатическим взаимодействием катионного центра красителя с π -электронными облаками и отрицательно заряженными концевыми кислородсодержащими функциональными группами. Вероятная схема реализации процесса представлена на рис. 5 (схематическое изображение вероятного взаимодействия между молекулой красителя и наноразмерным GO: а) взаимодействие молекулы красителя с функциональными группами молекулы GO; б) π - π -взаимодействие между молекулой красителя и наноразмерным GO [55]).

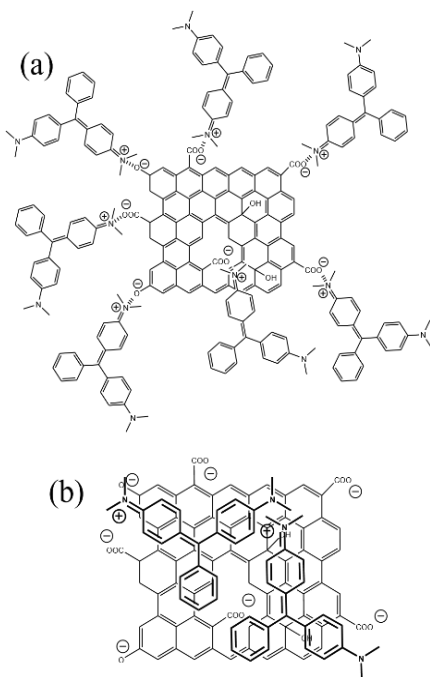


Рис. 5

Оксид графена может быть получен с использованием различных методов, включая восстановление оксида графена [56], эпитаксиальный рост [57] и химическое осаждение из газовой фазы [58].

Химическое восстановление – один из наиболее благоприятных методов получения оксида графена, поскольку он отличается простотой процесса, возможностью массового производства продукта, низкой стоимостью и низкой потребностью в оборудовании. Этот метод подразумевает окисление, при котором графит окисляется до оксида графена, и процесс восстановления, при котором синтезированный оксид графена восстанавливается с использованием сильного восстанавливающего агента [59]. В процессе восстановления используют несколько восстанавливающих агентов, таких как гидрохинон, гидрид натрия [60] и гидразин [61], которые очень токсичны, опасны и оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду [62].

Наиболее экологичным является применение для восстановления оксида графена экстрактов, полученных из листьев растений [63]. В растениях присутствуют несколько фитохимических веществ, включая флавоноиды, стероиды, углеводы, сапонины и т.д., которые способны снижать токсичность синтезированного оксида графена. Экстракт листьев эвкалипта также играет роль восстанавливающих и укупоривающих стабилизаторов, синтезированных наночастиц, поскольку показали хорошую стабильность и высокие электрохимические свойства полученного продукта.

Оксид графена может быть использован на текстильном материале как фотокатализатор для разложения красителей [64]. Такие материалы особенно подходят для удаления катионных красителей из-за наличия большего количества кислородсодержащих функциональных групп, имеющих отрицательный заряд и достаточное количество активных центров для осуществления адсорбции.

Проведено исследование по получению самоочищающихся текстильных материалов на основе оксида графена, а также оксида графена с дополнительным включением полимерного нитрида углерода (CN) на различных тканях [65]. Эффективность самоочищения этих гибридных текстильных материалов оценивалась при фотоката-

литическом разложении кофеина и родамина В в водных растворах с использованием облучения светом видимого диапазона. Продемонстрировано, что оксид графена, даже при его низкой концентрации на поверхности ткани (0,1%), придает текстильному материалу более высокую фотокаталитическую эффективность разложения обоих органических загрязнителей.

На рис. 6 показаны графики фотокаталитического разложения кофеина (а) и родамина В (b) с использованием тканей с покрытием CN и GO / CN [65].

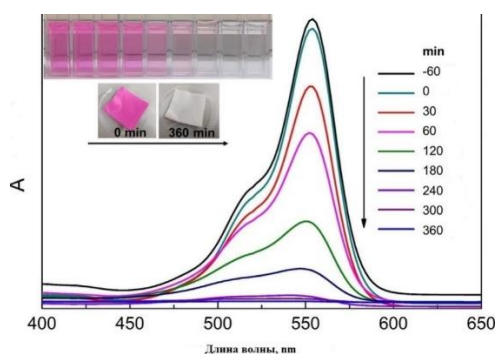


Рис. 6

Оксид графена может применяться в сочетании с другими фотоактивными препаратами на основе оксидов металлов для значительного увеличения их фотокаталитической активности. Данный эффект достигается за счет уменьшения ширины запрещенной зоны агента [65]. При этом графеновый фотокатализатор снижает агрегацию наночастиц и обладает большим количеством реакционноспособных участков для реакции фотодegradации. Так, путем химического восстановления получен материал CuS/GO [66]. С помощью микроволнового излучения получены частицы GO с оксидом цинка. Один из наиболее популярных модификаторов для получения фотокаталитических покрытий, TiO₂ также может быть использован вместе с оксидом графена. Низкотемпературным гидротермальным методом синтезирована структура с сочетанием оксида железа и оксида цинка Fe₃O₄/ZnO-GO.

Недавние исследования сосредоточены на разработке нанокompозитов нового поколения путем объединения двух различ-

ных функциональных наномодификаторов на одном материале для различного применения. В этой концепции оксид графена является отличным кандидатом в качестве материала-носителя для металлических наночастиц, благодаря наличию функциональных групп, содержащих кислород, которые играют ключевую роль в стабилизации металлических наночастиц и препятствуют их агрегации. Помимо наличия гидроксильных, карбонильных, эпоксидных и карбоксильных групп, листы GO образуют в чистой воде коллоидную стабильную суспензию, что позволяет получать различные нанокompозиты.

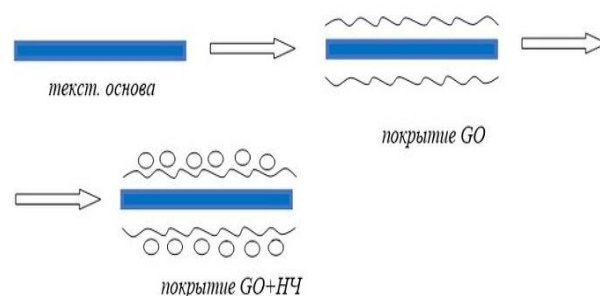


Рис. 7

На рис. 7 представлена возможная схема образования нанокompозита оксида графена с включением частиц серебра. Металлические частицы образуют устойчивую систему за счет связи с концевыми функциональными группами оксида графена [67]. Подобные композиты могут быть использованы не только в текстильной промышленности, а также в фармацевтике, катализе, энергетике и т.д.

ВЫВОДЫ

Возможность придания текстильным материалам самоочищающихся свойств является одной из актуальных и широко освещаемых задач в современном материаловедении.

Большой интерес представляют наноразмерные покрытия, обладающие высокими фотокаталитическими свойствами, на основе диоксида титана и оксида титана. Подобные покрытия успешно наносятся на целлюлозные, полиэфирные и шерстяные текстильные материалы. Эффективность

проявляемых свойств зависит от метода синтеза наночастиц, от их размера, формы, природы текстильной основы, интенсивности облучения покрытия, а также введением дополнительных связывающих и допирующих агентов. Полученный функциональный текстиль приобретает способность разлагать органические загрязнители на своей поверхности и в некоторых случаях даже подавлять рост патогенных микроорганизмов. Достигнутые эффекты характеризуются высокой устойчивостью к сухим и мокрым обработкам.

Перспективным модификатором для отделки текстильных материалов является оксид графена. Активно разрабатываются методы синтеза наночастиц оксида графена путем восстановления графена экстрактами различных растений. Покрытия на основе наночастиц оксида графена проявляют высокие самоочищающиеся свойства. Нанесение наночастиц оксида графена в сочетании с другими наноразмерными модификаторами позволяет добиться усиления проявляемого эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Khairutdinov R.F.* Chemistry of semiconductor nanoparticles // *Russ. Chem. Rev.* – 1998. V. 67. № 2. P. 109...122.
2. *Tiwari J. N., Tiwari R.N., Kim K.S.* Zero-dimensional, one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional nanostructured materials for advanced electrochemical energy devices // *Prog. Mater. Sci.* – 2012. V.57. P. 724...803.
3. *Pokropivny V. V., Skorokhod V.V.* Classification of nanostructures by dimensionality and concept of surface forms engineering in nanomaterial science // *Mater. Sci. Eng., C.* – 2007. V.27. P. 990...993.
4. *Hochella M. F. Jr., Spencer M.G., Jones K.L.* Nanotechnology: nature's gift or scientists' brainchild // *Environ. Sci.: Nano.* – 2015. V. 2. P. 114...119.
5. *Sharma V. K. Filip R. Zboril R.S. Varma* Natural inorganic nanoparticles – formation, fate, and toxicity in the environment // *Chem. Soc. Rev.* – 2015. V. 44. P.8410...8423.
6. *Mo Di S., Ching W. Y.* Electronic and optical properties of three phases of titanium dioxide: Rutile, anatase, and brookite // *Phys. Rev. B.* – 1995. V. 51. №19. P. 13023...13032.
7. *Linsebigler A.L. Lu G., Yates J.T.* Photocatalysis on TiO₂ Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results // *Chem. Rev.* – 1995. V. 95. P. 735...758.
8. *Cho M. H. Chung W. Choi J. Yoon.* Linear correlation between inactivation of *E. coli* and OH radical

concentration in TiO₂ photocatalytic disinfection // *Water Res.* – 2004. V. 38. №. 4. P. 1069...1077.

9. *Степанов А.Ю., Сотникова Л.В., Владимиров А.А. и др.* Синтез и исследование фотокаталитических свойств материалов на основе TiO₂ // *Вестник КемГУ.* – 2013, № 2(54). Т. 1. С. 249...255.

10. *Yurkova L. L., Ivanov V. K., Lermontov A. S.* Hydrothermal Synthesis and Catalytic Properties of Superacid Sulfated Titania // *Russian Journal of Inorganic Chemistry.* – 2010. V. 55. №5. P. 661...664.

11. *Agafonov A.V., Vinogradov A.V.* Sol-gel synthesis, preparation and characterization of photoactive TiO₂ with ultrasound treatment // *J. Sol-Gel Science and Technology.* – 2009. V. 49. P. 180...185.

12. *Nam H.D., Lee B. H., Kim S. J., Jung C. H., Lee J. H., Park S.* Preparation of ultrafine crystalline TiO₂ powders from aqueous TiCl₄ solution by precipitation // *Japanese J. Appl. Phys. Part 1-Regular Pap. Short Notes Rev. Pap.* – 1998, V. 37. №8. P. 4603...4608.

13. *Daoud W.A., Xin J.H.* Low Temperature Sol-Gel Processed Photocatalytic Titania Coating // *J. Sol-Gel. Sci. Technol.* – 2009. V. 29. P. 25...29.

14. *Galkina O.L., Sycheva A., Blagodatskiy A., Kaptay G., Katanaev V.L., Seisenbaeva G.A., Kessler V.G., Agafonov A.V.* The sol-gel synthesis of cotton/TiO₂ composites and their antibacterial properties // *Surface & Coatings Technology.* – 2014. V. 253. P.171...179.

15. *Yurkova L.L., Ivanov V. K., Lermontov A. S., Shaporev A. S., Lermontov S. A.* Hydrothermal synthesis and catalytic properties of superacid sulfated titania // *Russ. J.Inorg. Chem.* – 2010. V.55. №5. P. 661...664.

16. *Chen X. Mao S. S.* Titanium dioxide nanomaterials: Synthesis, properties, modifications and applications // *Chem. Rev.* – 2007. V.107. №7. P.2891...2959.

17. *Пророкова Н.П.* Научные основы придания полиэфирным текстильным материалам фотокаталитической активности // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы SMARTEX-2016 / Сб. мат. XIX Междунар. науч.-практ. форум 23-27 мая 2016 г. Иваново: ИВГПУ.* – 2016. Ч.2. С. 19...25.

18. *Daoud W. A., Xin J. H., Zhang Y.-H.* Surface functionalization of cellulose fibres with titanium dioxide nanoparticles and their combined bactericidal activities // *Surface Science.* – 2005. V. 599. №1...3. P.69...75.

19. *Daoud W.A., Xin J.H.* Low temperature sol-gel processed photocatalytic titania coating // *Journal of Sol-Gel Science and Technology.* – 2004. V.29. P.25...29.

20. *Bozzi A., Yuranova T., Kiwi J.* Self-cleaning of wool-polyamide and polyester textiles by tio₂-rutile modification under daylight irradiation at ambient temperature // *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry.* – 2005. V. 172. №1. P. 27...34.

21. *Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Агафонов А.В., Иванов В.К.* Модифицирование полиэфирной ткани наноразмерным диоксидом титана с целью придания фотоактивности // *Перспективные материалы.* – 2017, №1. С. 19...29.

22. *Devi R. R., Maji T. K.* Effect of nano-ZnO on thermal, mechanical, UV stability, and other physical properties of wood polymer composites // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. – 2012. №10. V.51. P.3870...3880.
23. *Ozgur U.A., Alivov Y.I., Liu C. et al.* Comprehensive review of ZnO materials and devices // *Journal of Applied Physics*. – 2005, №4. V.98. P.041301...041404.
24. *Lee S.* Developing UV-protective textiles based on electrospun zinc oxide nanocomposite fibers // *Fibers and Polymers*. – 2009, №3. V.10. P.295...301.
25. *Buşilă M., Muşat V., Textor T., Mahltig B.* Synthesis and characterization of antimicrobial textile finishing based on Ag: ZnO nanoparticles/chitosan biocomposites // *RSC Advances*. – 2015. №28. V.5. P.21562...21571.
26. *Gertrude Y.G., Neumark I., Kuskovsky.* Handbook of Electronic and Photonic Materials: Doping Aspects of Zn-Based Wide-Band-Gap Semiconductors // Springer ed. by P.C. Safa Kasap. – 2007. P. 843...854.
27. *Fan Z., Lu J.G.* Zinc oxide nanostructures: synthesis and properties // *J. Nanosci. Nanotechnol.* – 2005. V.5. №10. P. 1561...1573.
28. *Wang Z.L.* Zinc oxide nanostructures: growth, properties and applications // *J. Phys.: Condens. Matter*. – 2005. V. 16. №25. P. 829...858.
29. *Wang Z.L., J. Song.* Piezoelectric nanogenerators based on zinc oxide nanowire arrays // *Science*. – 2006. V. 312. N 5771. P. 242...246.
30. *Janotti A., Van de Walle C.G.* Fundamentals of zinc oxide as a semiconductor // *Rep. Prog. Phys.* – 2009. V. 72. №12.
31. *Zhang Y., Ram M.K., Stefanakos E.K., Goswami D.Y.* Synthesis, characterization, and applications of ZnO nanowires // *J. Nanomater.* – 2012. P. 1...22.
32. *Schmidt-Mende L., MacManus-Driscoll J.L.* ZnO-nanostructures, defects, and devices // *Mater. Today*. – 2007. V. 10. №5. P. 40...48.
33. *Yahya N., Daud H., Tajuddin N.A., Daud H.M., Shafie A., Puspitasari P.* Application of ZnO nanoparticles EM wave detector prepared by sol-gel and self-combustion techniques // *J. Nano Res.* – 2010. V. 11. P.25...34.
34. *Ramirez-Vick J.E.* Nanostructured ZnO for electrochemical biosensors // *J. Biosens. Bioelectron*. – 2012.
35. *Becheri A., Dürr M., Nostro P. Lo, Baglioni P.* Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles: application to textiles as UV-absorbers // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2008, №4. V. 10. P.679...689.
36. *Shafei A. et al.* ZnO/carboxymethyl chitosan biocomposite to impart antibacterial and UV protection for cotton fabric // *Carbohydrate Polymers*. – 2011. №2. V. 83. P.920...925.
37. *Wang Z. L., Kong X. Y., Ding Y. et al.* Semiconducting and piezoelectric oxide nanostructures induced by polar surfaces // *Advanced Functional Materials*. – 2004, №10. V.14. P. 943...956.
38. *Karami H., Fakoori E.* Synthesis and characterization of ZnO nanorods based on a new gel pyrolysis method // *J. Nanomater.* – 2011.
39. *Xu Z., Hwang J.-Y., Li B., Huang X., Wang H.* The characterization of various ZnO nanostructures using field-emission SEM // *JOM*. – 2008. V. 60. №4. P.29...32.
40. *Wang M., Zhang M., Zhang M., Aizezi M., Zhang Y., Hu J., Wu G.* In-situ mineralized robust polysiloxane-AgZnO on cotton for enhanced photocatalytic and antibacterial activities // *Carbohydr. Polym.* – 2019. V. 217. P.15...25.
41. *Mirjalili M., Mohammadi M., Karimi L.* Effect of zinc oxide nanoparticles and sodium hydroxide on the self-cleaning and antibacterial properties of polyethylene terephthalate // *Tekstiles*. – 2017, №60. P.269...274.
42. *Kumbhakar P., Pramanik A., Biswas S., Kole A.K., Sarkar R., Kumbhakar P.* In-situ synthesis of rGO-ZnO nanocomposite for demonstration of sunlight driven enhanced photocatalytic and self-cleaning of organic dyes and tea stains of cotton fabrics // *J. Hazard. Mater.* – 2018, №360. P.193...203.
43. *Nourbakhsh S., Montazer M., Khandaghabadi Z.* Zinc oxide nano particles coating on polyester fabric functionalized through alkali treatment // *J. Ind. Text.* – 2018, №47. P.1006...1023.
44. *Vigneshwaran N., Prasad V., Arputharaj A., Bharimalla A.K., Patil P.G.* Nano-zinc oxide: Prospects in the textile industry. In *Nanomaterials in the Wet Processing of Textiles* // NJ, USA. – 2018. V.1. P.113...134.
45. *Rastgoo M., Montazer M., Harifi T., Mahmoudi Rad M.* Dual metal oxide loaded cotton/polyester fabric with photo, bio and magnetic properties // *J. Ind. Text.* – 2019.
46. *Gorjanc M., Simončič B.* Zinc Oxide for Functional Textile Coatings: Recent Advances // *Coatings*. – 2019. V. 9. P.550.
47. *Ghotbi M.Y., Bagheri N., Sadrnezhaad S.K.* Nanocrystalline copper doped zinc oxide produced from copper doped zinc hydroxide nitrate as a layered precursor // *Adv. Powder Technol.* – 2012, №23. P.279...283.
48. *Kumara Kh., Chitkarra M., Sandhua I.S., Mehtab D., Kumarc S.* Photocatalytic, optical and magnetic properties of Fe-doped ZnO nanoparticles prepared by chemical route // *J. Alloy Compd.* – 2014. №588. P.681...689.
49. *Nenavathua, B.P.Raob A.V.R. Krishna, Goyalc A., Kapoorc A., Duttaa R.K.* Synthesis, characterization and enhanced photocatalytic degradation efficiency of Se doped ZnO nanoparticles using trypan blue as a model dye // *Appl. Catal. A Gen.* – 2013, №459. P.106...113.
50. *Chang, Ch.J. Lin Ch.Y., Hsu M.H.* Enhanced photocatalytic activity of Ce-doped ZnO nanorods under UV and visible light // *J. Taiwan Inst. Chem.* – 2014, №45. P.1954...1963.
51. *Gao Q., Dai Y., Li Ch., Yang L., Li X., Cui Ch.* Correlation between oxygen vacancies and dopant concentration in Mn-doped ZnO nanoparticles synthesized by co-precipitation technique // *J. Alloys Compd.* – 2016, №684. P.669...676.
52. *Reza Mahdavi S., Siamak A. T.* Sol-gel synthesis, structural and enhanced photocatalytic performance

of Al doped ZnO nanoparticles // *Advanced Powder Technology*. – 2017, №28. P.1418...1425.

53. *Sudrajat H.* Superior photocatalytic activity of polyester fabrics coated with zinc oxide from waste hot dipping zinc // *J. Clean. Prod.* – 2018. V.172. P.1722...1729.

54. *Allen M. J.* Honeycomb carbon: a review of graphene // *Chem. Rev.* – 2010. №110. P 132...45.

55. *Gupta K., Khatri O.P.* Reduced Graphene Oxide as an Effective Adsorbent for Removal of Malachite Green dye: Plausible Adsorption Pathways // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2017.

56. *Geim A.K., Novoselov K.S.* The rise of graphene // *Nat. Mater.* – 2007. V. 6. P.183...191.

57. *Wang H., Cui L.F., Yang Y., Casalongue H. Sanchez, Robinson J.T., Liang Y., Cui Y., Dai H.* Mn₃O₄ graphene hybrid as a high-capacity anode material for lithium ion batteries // *J. Am. Chem. Soc.* – 2010, V.132. P.13978...13980.

58. *Stankovich S., Dikin D.A., Dommett G.H.B., Kohlhaas K.M., Zimney E.J.* Graphene-based composite materials // *Nature*. – 2006. № 442. ... P.282...286.

59. *Kamat P.V.* Graphene-based nanoassemblies for energy conversion // *J. Phys. Chem. Lett.* – 2011. V.2. P.242...251.

60. *Gilje S., Han S., Wang M., Wang K.L., Kaner R.B.* A chemical route to graphene for device applications // *Nano Lett.* – 2007. V.7. P.3394...3398.

61. *Yeh T.-F. Cihl J., Chang C.-Y., Cheng C., Teng H.* Roles of graphene oxide in photocatalytic water splitting // *Mater. Today*. – 2013. V.16. P.78...84.

62. *Higginbotham A.L., Lomeda J.R., Morgan A.B., Tour J.M.* Graphite oxide flame retardant polymer nanocomposites // *ACS Appl. Mater. Interfaces*. – 2009. V.1. P.2256...2261.

63. *Li C.A., Zhuang Z., Jin X., Chen Z.* Facile and green preparation of reduced graphene oxide using Eucalyptus leaf extract // *Appl. Surf. Sci.* – 2017. V. 422. P.469...474.

64. *Zhao J., Ren W., Cheng H.-M.* Graphene sponge for efficient and repeatable adsorption and desorption of water contaminations // *J. Mater. Chem.* – 2012. V. 22. P.20197...20202.

65. *Pedrosaa M., Sampaioa M.J., Horvata T., Nunesb O.C. et al.* Visible-light-induced self-cleaning functional fabrics using graphene oxide/ carbon nitride materials // *Applied Surface Science*. – 2019. V. 5.

66. *Lee Ho Sung, Song H. W., Kang B. S., Kwak M. K.* Remora-Inspired Reversible Adhesive for Underwater Applications // *ACS Applied Materials & Interfaces*. – 2019 V. 11. №50. P.47571...47576.

67. *Farouk,ab A., Saeed S. El-Sayed, Sharafa S. and M. El-Hady M. Abd* Photocatalytic activity and antibacterial properties of linen fabric using reduced graphene oxide/silver nanocomposite // *RSC Adv.* – 2020. V. 10. P.41600...41611.

REFERENCES

1. *Khairutdinov R.F.* Chemistry of semiconductor nanoparticles // *Russ. Chem. Rev.* – 1998. V. 67. № 2. P. 109...122.

2. *Tiwari J. N., Tiwari R.N., Kim K.S.* Zero-dimensional, one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional nanostructured materials for advanced electrochemical energy devices // *Prog. Mater. Sci.* – 2012. V.57. P. 724...803.

3. *Pokropivny V. V., Skorokhod V.V.* Classification of nanostructures by dimensionality and concept of surface forms engineering in nanomaterial science // *Mater. Sci. Eng., C*. – 2007. V.27. P. 990...993.

4. *Hochella M. F. Jr., Spencer M.G., Jones K.L.* Nanotechnology: nature's gift or scientists' brainchild // *Environ. Sci.: Nano*. – 2015. V. 2. P. 114...119.

5. *Sharma V. K. Filip R. Zboril R.S. Varma* Natural inorganic nanoparticles – formation, fate, and toxicity in the environment // *Chem. Soc. Rev.* – 2015. V. 44. P.8410...8423.

6. *Mo Di S., Ching W. Y.* Electronic and optical properties of three phases of titanium dioxide: Rutile, anatase, and brookite // *Phys. Rev. B*. – 1995. V. 51. №19. P. 13023...13032.

7. *Linsebigler A.L. Lu G., Yates J.T.* Photocatalysis on TiO₂ Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results // *Chem. Rev.* – 1995. V. 95. P. 735...758.

8. *Cho M. H. Chung W. Choi J. Yoon.* Linear correlation between inactivation of E. coli and OH radical concentration in TiO₂ photocatalytic disinfection // *Water Res.* – 2004. V. 38. №. 4. P. 1069...1077.

9. *Stepanov A. Yu., Sotnikova L. V., Vladimirov A. A. et al.* Synthesis and study of photocatalytic properties of materials based on TiO₂ // *Vestnik KemGU*. - 2013, № 2. (54). T. 1. S. 249...255.

10. *Yurkova L. L., Ivanovb V. K., Lermontovb A. S.* Hydrothermal Synthesis and Catalytic Properties of Superacid Sulfated Titania // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. – 2010. V. 55. №5. P. 661...664.

11. *Agafonov A.V., Vinogradov A.V.* Sol-gel synthesis, preparation and characterization of photoactive TiO₂ with ultrasound treatment // *J. Sol-Gel Science and Technology*. – 2009. V. 49. P. 180...185.

12. *Nam H.D., Lee B. H., Kim S. J., Jung C. H., Lee J. H., Park S.* Preparation of ultrafine crystalline TiO₂ powders from aqueous TiCl₄ solution by precipitation // *Japanese J. Appl. Phys. Part 1-Regular Pap. Short Notes Rev. Pap.* – 1998, V. 37. №8. P. 4603...4608.

13. *Daoud W.A., Xin J.H.* Low Temperature Sol-Gel Processed Photocatalytic Titania Coating // *J. Sol.-Gel. Sci. Technol.* – 2009. V. 29. P. 25...29.

14. *Galkina O.L., Sycheva A., Blagodatskiy A., Kaptay G., Katanaev V.L., Seisenbaeva G.A., Kessler V.G., Agafonov A.V.* The sol-gel synthesis of cotton/TiO₂ composites and their antibacterial properties // *Surface & Coatings Technology*. – 2014. V. 253. P.171...179.

15. *Yurkova L.L., Ivanov V. K., Lermontov A. S., Shaporev A. S., Lermontov S. A.* Hydrothermal synthesis and catalytic properties of superacid sulfated titania // *Russ. J.Inorg. Chem.* – 2010. V.55. №5. P. 661...664.

16. *Chen X. Mao S. S.* Titanium dioxide nanomaterials: Synthesis, properties, modifications and applications // *Chem. Rev.* – 2007. V.107. №7. P.2891...2959.

17. Prorokova N.P. Scientific basis for imparting photocatalytic activity to polyester textile materials // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials - (SMARTeX-2016): coll. Materials of the XIX Intern. scientific-practical Forum May 23-27, 2016 Ivanovo, IVGPU. – 2016. Part 2. S. 19...25.*
18. Daoud W. A., Xin J. H., Zhang Y.-H. Surface functionalization of cellulose fibres with titanium dioxide nanoparticles and their combined bactericidal activities // *Surface Science. – 2005, V. 599. N 1-3. P.69...75.*
19. Daoud W.A., Xin J.H. Low temperature sol-gel processed photocatalytic titania coating // *Journal of Sol-Gel Science and Technology. – 2004, V. 29, P.25...29.*
20. Bozzi A., Yuranova T., Kiwi J. Self-cleaning of wool-polyamide and polyester textiles by TiO_2 -rutile modification under daylight irradiation at ambient temperature // *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. – 2005, V. 172. N 1. P. 27...34.*
21. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Agafonov A.V., Ivanov V.K. Modification of polyester fabric with nanoscale titanium dioxide in order to impart photoactivity // *Perspektivnye materialy. – 2017, №1. P. 19...29.*
22. Devi R. R., Maji T. K. Effect of nano-ZnO on thermal, mechanical, UV stability, and other physical properties of wood polymer composites // *Industrial and Engineering Chemistry Research. – 2012. №10 V.51. P.3870...3880.*
23. Ozgur U.A., Alivov Y.I., Liu C. et al. Comprehensive review of ZnO materials and devices // *Journal of Applied Physics. – 2005, №4. V.98. P.041301...041404.*
24. Lee S. Developing UV-protective textiles based on electrospun zinc oxide nanocomposite fibers // *Fibers and Polymers. – 2009, №3. V.10. P 295...301.*
25. Buşilă M., Muşat V., Textor T., Mahltig B. Synthesis and characterization of antimicrobial textile finishing based on Ag: ZnO nanoparticles/chitosan biocomposites // *RSC Advances. – 2015. №28. V.5. P.21562...21571.*
26. Gertrude Y.G., Neumark I., Kuskovsky. Handbook of Electronic and Photonic Materials: Doping Aspects of Zn-Based Wide-Band-Gap Semiconductors // Springer ed. by P.C. Safa Kasap. – 2007. P. 843...854.
27. Fan Z., Lu J.G. Zinc oxide nanostructures: synthesis and properties // *J. Nanosci. Nanotechnol. – 2005. V.5. №10. P. 1561...1573.*
28. Wang Z.L. Zinc oxide nanostructures: growth, properties and applications // *J. Phys.: Condens. Matter. – 2005. V. 16. №25. P. 829...858.*
29. Wang Z.L., J. Song. Piezoelectric nanogenerators based on zinc oxide nanowire arrays // *Science. – 2006. V. 312. N 5771. P. 242...246.*
30. Janotti A., Van de Walle C.G. Fundamentals of zinc oxide as a semiconductor // *Rep. Prog. Phys. – 2009. V. 72. №12.*
31. Zhang Y. Ram M.K., Stefanakos E.K., Goswami D.Y. Synthesis, characterization, and applications of ZnO nanowires // *J. Nanomater. – 2012. P. 1...22.*
32. Schmidt-Mende L., MacManus-Driscoll J.L. ZnO-nanostructures, defects, and devices // *Mater. Today. – 2007. V. 10. №5. P. 40...48.*
33. Yahya N., Daud H., Tajuddin N.A., Daud H.M., Shafie A., Puspitasari P. Application of ZnO nanoparticles EM wave detector prepared by sol-gel and self-combustion techniques // *J. Nano Res. – 2010. V. 11. P.25...34.*
34. Ramirez-Vick J.E. Nanostructured ZnO for electrochemical biosensors // *J. Biosens. Bioelectron. – 2012.*
35. Becheri A., Dürr M., Nostro P. Lo, Baglioni P. Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles: application to textiles as UV-absorbers // *Journal of Nanoparticle Research. – 2008, №4. V. 10. P.679...689.*
36. Shafei A. et al. ZnO/carboxymethyl chitosan biocomposite to impart antibacterial and UV protection for cotton fabric // *Carbohydrate Polymers. – 2011. №2. V. 83. P.920...925.*
37. Wang Z. L., Kong X. Y., Ding Y. et al. Semiconducting and piezoelectric oxide nanostructures induced by polar surfaces // *Advanced Functional Materials. – 2004, №10. V.14. P. 943...956.*
38. Karami H., Fakoori E. Synthesis and characterization of ZnO nanorods based on a new gel pyrolysis method // *J. Nanomater. – 2011.*
39. Xu Z., Hwang J.-Y., Li B., Huang X., Wang H. The characterization of various ZnO nanostructures using field-emission SEM // *JOM. – 2008. V. 60. №4. P.29...32.*
40. Wang M., Zhang M., Zhang M., Aizezi M., Zhang Y., Hu J., Wu G. In-situ mineralized robust polysiloxane-AgZnO on cotton for enhanced photocatalytic and antibacterial activities // *Carbohydr. Polym. – 2019. V. 217. P.15...25.*
41. Mirjalili M., Mohammadi M., Karimi L. Effect of zinc oxide nanoparticles and sodium hydroxide on the self-cleaning and antibacterial properties of polyethylene terephthalate // *Tekstilec. – 2017, №60. P.269...274.*
42. Kumbhakar P., Pramanik A., Biswas S., Kole A.K., Sarkar R., Kumbhakar P. In-situ synthesis of rGO-ZnO nanocomposite for demonstration of sunlight driven enhanced photocatalytic and self-cleaning of organic dyes and tea stains of cotton fabrics // *J. Hazard. Mater. – 2018, №360. P.193...203.*
43. Nourbakhsh S., Montazer M., Khandaghabadi Z. Zinc oxide nano particles coating on polyester fabric functionalized through alkali treatment // *J. Ind. Text. – 2018, №47. P.1006...1023.*
44. Vigneshwaran N., Prasad V., Arputharaj A., Bharimalla A.K., Patil P.G. Nano-zinc oxide: Prospects in the textile industry. In *Nanomaterials in the Wet Processing of Textiles* // NJ, USA. – 2018. V.1. P.113...134.
45. Rastgoo M., Montazer M., Harifi T., Mahmoudi Rad M. Dual metal oxide loaded cotton/polyester fabric with photo, bio and magnetic properties // *J. Ind. Text. – 2019.*
46. Gorjanc M., Simončič B. Zinc Oxide for Functional Textile Coatings: Recent Advances // *Coatings. – 2019. V. 9. P.550.*
47. Ghotbi M.Y., Bagheri N., Sadrnezhad S.K. Nanocrystalline copper doped zinc oxide produced from

copper doped zinc hydroxide nitrate as a layered precursor // *Adv. Powder Technol.* – 2012, №23. P.279...283.

48. Kumara Kh., Chitkara M., Sandhua I.S., Mehtab D., Kumarc S. Photocatalytic, optical and magnetic properties of Fe-doped ZnO nanoparticles prepared by chemical route // *J. Alloy Compd.* – 2014. №588. P.681...689.

49. Nenavathua, B.P.Raob A.V.R. Krishna, Goyal A., Kapoorc A., Duttaa R.K. Synthesis, characterization and enhanced photocatalytic degradation efficiency of Se doped ZnO nanoparticles using trypan blue as a model dye // *Appl. Catal. A – Gen.* – 2013, №459. P.106...113.

50. Chang, Ch.J. Lin Ch.Y., Hsu M.H. Enhanced photocatalytic activity of Ce-doped ZnO nanorods under UV and visible light // *J. Taiwan Inst. Chem.* – 2014, №45. P.1954...1963.

51. Gao Q., Dai Y., Li Ch., Yang L., Li X., Cui Ch. Correlation between oxygen vacancies and dopant concentration in Mn-doped ZnO nanoparticles synthesized by co-precipitation technique // *J. Alloys Compd.* – 2016, №684. P.669...676.

52. Reza Mahdavi S., Siamak A. T. Sol-gel synthesis, structural and enhanced photocatalytic performance of Al doped ZnO nanoparticles // *Advanced Powder Technology.* – 2017, №28. P.1418...1425.

53. Sudrajat H. Superior photocatalytic activity of polyester fabrics coated with zinc oxide from waste hot dipping zinc // *J. Clean. Prod.* – 2018. V.172. P.1722...1729.

54. Allen M. J. Honeycomb carbon: a review of graphene // *Chem. Rev.* – 2010. №110. P 132...45.

55. Gupta K., Khatri O.P.Reduced Graphene Oxide as an Effective Adsorbent for Removal of Malachite Green dye: Plausible Adsorption Pathways // *Journal of Colloid and Interface Science.* – 2017.

56. Geim A.K., Novoselov K.S. The rise of graphene // *Nat. Mater.* – 2007. V. 6. P.183...191.

57. Wang H., Cui L.F., Yang Y., Casalongue H. Sanchez, Robinson J.T., Liang Y., Cui Y., Dai H. Mn₃O₄ graphene hybrid as a high-capacity anode material for lithium ion batteries // *J. Am. Chem. Soc.* – 2010. V.132. P.13978...13980.

58. Stankovich S., Dikin D.A., Dommett G.H.B., Kohlhaas K.M., Zimney E.J. Graphene-based composite materials // *Nature.* – 2006. №442. P.282...286.

59. Kamat P.V. Graphene-based nanoassemblies for energy conversion // *J. Phys. Chem. Lett.* – 2011. V.2. P.242...251.

60. Gilje S., Han S., Wang M., Wang K.L., Kaner R.B. A chemical route to graphene for device applications // *Nano Lett.* – 2007. V.7. P.3394...3398.

61. Yeh T.-F. Cihl J., Chang C.-Y., Cheng C., Teng H. Roles of graphene oxide in photocatalytic water splitting // *Mater. Today.* – 2013. V.16. P.78...84.

62. Higginbotham A.L., Lomeda J.R., Morgan A.B., Tour J.M. Graphite oxide flame retardant polymer nanocomposites // *ACS Appl. Mater. Interfaces.* – 2009. V.1. P.2256...2261.

63. Li C. A., Zhuang Z., Jin X., Chen Z. Facile and green preparation of reduced graphene oxide using Eucalyptus leaf extract // *Appl. Surf. Sci.* – 2017. V. 422. P.469...474.

64. Zhao J., Ren W., Cheng H.-M. Graphene sponge for efficient and repeatable adsorption and desorption of water contaminations // *J. Mater. Chem.* – 2012. V. 22. P.20197...20202.

65. Pedrosaa M., Sampaioa M. J., Horvata T., Nunesb O. C. at el. Visible-light-induced self-cleaning functional fabrics using graphene oxide/ carbon nitride materials // *Applied Surface Science.* – 2019. V. 5.

66. Lee Ho Sung, Song H. W., Kang B. S., Kwak M. K. Remora-Inspired Reversible Adhesive for Underwater Applications // *ACS Applied Materials & Interfaces.* – 2019 V. 11. №50. P.47571...47576.

67/ Farouk,ab A., Saeed S. El-Sayed, Sharafa S.and M. El-Hady M. Abd Photocatalytic activity and antibacterial properties of linen fabric using reduced graphene oxide/silver nanocomposite // *RSC Adv.* – 2020. V. 10. P.41600...41611.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 04.10.22.

УДК 330.1

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_19

**ОТВЕТСТВЕННОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ
КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА
ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ***

**RESPONSIBLE CONSUMPTION
AS A FACTOR OF ORGANIC PRODUCTS
REGIONAL MARKET DEVELOPMENT**

Э.А. МИТИНА

E.A. MITINA

(Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского)

(V.I. Vernadsky Crimean Federal University)

E-mail: zhilina_ella@list.ru

Ответственное потребление характеризуется не только разумным использованием природных ресурсов, но и формированием определенной экологической культуры, принципов здорового образа жизни индивида в современном мире. Целью работы является исследование товарной и ценовой политики на рынке органической текстильной продукции в Республике Крым как элемента ответственного потребления. В статье использованы графические методы, методы регрессионного и корреляционного анализа, сглаженной линии средних, синтеза, динамического сравнения, опрос. В отношении ассортиментных рядов, представленных в торговых сетях Республики Крым, проанализирована готовая текстильная продукция, включающая 192 наименования в товарной группе нательное белье. В результате исследования было выявлено, что на региональном рынке представлено 53,6% органической текстильной продукции в соотношении с гринвошингом; наибольшее количество органической текстильной продукции представлено в товарной группе "детская (0-2)" одежда со средней стоимостью 2030,96 руб.; свыше 3000 руб. трудно найти экономическое обоснование ценам на органическую текстильную продукцию в данной товарной группе, они устанавливаются стохастическим образом и носят спекулятивный характер.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, программа "Приоритет-2030" №075-15-2021-1323.

* The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Priority 2030 program No. 075-15-2021-1323.

Responsible consumption is characterized not only by the reasonable use of natural resources, but also by the formation of a certain ecological culture, the principles of an individual healthy lifestyle in the modern world. The aim of the work is to study the commodity and pricing policy in the market of organic textile products in the Republic of Crimea as an element of responsible consumption. The article uses graphical methods, methods of regression and correlation analysis, smoothed line of averages, synthesis, dynamic comparison, survey. With regard to the product ranges presented in the retail chains of the Republic of Crimea, finished textile products were analyzed, including 192 items in the underwear product group. As a result of the study, it was revealed that 53.6% of organic textile products are represented on the regional market in relation to greenwashing; the largest number of organic textile products is presented in the product group "children's (0-2)" clothes with an average cost of 2030.96 rubles; over 3000 rubles. It is difficult to find an economic justification for the prices of organic textile products in this product group, they are set in a stochastic manner and are speculative.

Ключевые слова: ответственное потребление, органическая текстильная продукция, гринвошинг, Республика Крым, ценовая политика, товарная политика, региональный рынок.

Keywords: responsible consumption, organic textile products, greenwashing, Republic of Crimea, pricing policy, commodity policy, regional market.

Введение

Идея касательно устойчивого развития общества, появившаяся еще во второй половине XX века, в последнее десятилетие приобрела особую значимость. Особого внимания, на наш взгляд, заслуживает увеличение интереса социума к концепции ответственного потребления. Уникальность данного явления заключается в положительной оценке, поддержке и развитии как на уровне международных организаций, так и отдельных отраслей, предприятий и населения. Ответственное потребление характеризуется не только разумным использованием природных ресурсов, но и формированием определенной экологической культуры, принципов здорового образа жизни индивида в XXI веке [1].

"Программа развития Организации Объединенных Наций (ПРООН), являясь глобальной сетью ООН в области развития," [2, с. 152.] поддерживает стратегические инициативы в данном направлении с целью содействия всестороннему росту и устойчивому развитию общества. Ответственное потребление занимает 12 место среди глобальных целей устойчивого развития, сформированных организацией на

2015-2030 годы, что стало основой Проекта Стратегии устойчивого развития Российской Федерации до 2050 года [3], [4].

Одним из первых ученых, кто начал обсуждение концепции социально ответственного потребления, был Ф. Вебстер, который отмечал, что "...потребители являются ответственными, если они учитывают общественные последствия своего индивидуального потребления" [1, с. 67]. Другие авторы определяют социально ответственное поведение потребителей на основе концепции социального маркетинга Ф. Котлера, который уделил особое внимание данной проблеме в своих трудах при анализе ориентированных на потребителя постулатов социально-этического маркетинга и его моральных принципов. Согласно этой концепции основной "...задачей предприятия является определение потребностей и интересов целевых потребителей и обеспечение их удовлетворенности более продуктивными способами, чем у конкурентов, с одновременным сохранением или укреплением благополучия общества в целом" [5, с.16]. Французский ученый А. Франсуа-Леконт в своих работах отмечает, что признаками ответственного потребления явля-

ются: отказ от покупки товаров у фирмы, политика которой считается безответственной; приобретение продукции, часть цены которой идет на общественное благо; предпочтение товарам отечественного производства; потребление органической продукции [6], [7]. Другие ученые определяют различные аспекты ответственного "...потребления: влияние фирмы на поведение потребителя, отказ от вредных для окружающей среды товаров, различные профили потребления на основе..." [1, с.68] собственных мотивов потребителей. Ученый М. Стар в своих исследованиях выявил взаимосвязь: чем выше доход, тем больше склонность к ответственному потреблению [8], однако некоторые рыночные практики имеют и противоположную зависимость. В таких случаях потребители готовы платить больше за органическую продукцию и одновременно не отказываются от потребления обычных товаров по существенной скидке [9]. Также потребители готовы платить и за товары с позитивными социальными качествами, то есть когда функциональные свойства продукции соответствуют их требованиям [10]. Поддержка идеи ответственного потребления обществом приобрела различные формы и методы внедрения, продолжая и расширяя идеологию антиконсьюмеризма. Тем не менее "...недостаточно решены многие практические вопросы изучения и объективной оценки современной ситуации на рынке органических непродовольственных товаров, реализуемых в отдельных регионах..." [11, с.92], а также формированием ценовой политики на данный вид продукции, что определило актуальность нашего исследования.

Целью нашей статьи является исследование товарной и ценовой политики на рынке органической текстильной продукции в Республике Крым с учетом ответственного потребления.

Методы исследования

При проведении исследования использованы графические методы, методы регрессионного и корреляционного анализа, сглаженной линии средних, синтеза, динамического сравнения. Информационно-эмпирическую базу составили данные, полу-

ченные в результате полевого исследования, проведенного в торговых сетях Республики Крым. В отношении ассортиментных рядов, представленных в торговых сетях полуострова, проанализирована готовая текстильная продукция, включающая 192 наименования в товарной группе нательное белье. Обработка полученных данных проведена в программной оболочке Vortex.10.

Результаты и обсуждение

В последнее время все большую популярность начинает приобретать органическая текстильная продукция. Федеральный закон "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 03.08.2018 № 280-ФЗ вступил в силу с 1 января 2022 года. В связи с этим производители были вынуждены ужесточить мероприятия, связанные с экологическим контролем. Результатом этого выступило применение текстильных материалов, при производстве которых происходит минимизация вредных веществ. Органические ткани изготавливаются из природных волокон: хлопка, шелка, шерсти и т.д. Уменьшение вреда окружающей среде достигается путем отказа от химических удобрений. Использование для изготовления одежды таких тканей, которые не вызывают побочных заболеваний и легко подлежат утилизации, является одним из требований текстильных материалов. Сегодня существует определенная классификация тканей, которые по отдельным показателям можно считать экологически чистыми. Во-первых, возможность возобновления ресурсов, во-вторых, наличие необходимой площади земли, затраченной на выращивание определенного продукта, в-третьих, количество химикатов, применяемых на всей технологической цепи [12].







Для минимизации вредных отходов применяют натуральные красители, которые возможно получить из различных видов растений, а также животных организмов, или с помощью микробиологических технологий. Весьма перспективными для текстильного отделочного производства являются растительные красители, поскольку животные трудно производить, а бактери-

альные используются в отраслях пищевой промышленности.

Использование растительных красителей для повышения экологической безопасности текстильных материалов и изделий обуславливается рядом причин, а именно: отсутствием в этих красителях солей тяжелых металлов и других вредных для человека веществ; способностью растительных красителей тормозить или подавлять жизнедеятельность целлюлозоразрушающих и патогенных микроорганизмов; возможностью использования растительных красителей текстильного назначения из отходов отдельных отраслей промышленности (пищевой, деревообрабатывающей, фармацевтической, парфюмерной и других); способностью обеспечивать высококачественные окраски на текстильных материалах одежного и декоративного назначения; возможностью экологизации технологии текстильного обрабатывающего производства.

В соответствии с ФЗ № 280 "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" под органической продукцией понимается экологически чистая сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие, производство которых соответствует требованиям, установленным настоящим законом [13]. Органическая одежда относится к одежде, изготовленной из материалов, выращенных в соответствии со стандартами органического земледелия [14]. Таким образом, под органической текстильной продукцией автором предлагается понимать продукцию, произведенную с использованием органических волокон по органическим стандартам на всех стадиях производства, сертифицированную уполномоченными учреждениями и организациями, а также промаркированную соответствующим образом. В табл. 1 представлены примеры маркировки текстильной продукции.

Т а б л и ц а 1

Маркировка	Стандарт	Тип маркировки	Страна
	The Global Organic Textile Standard, GOTS	Органик	Международный стандарт по органическому текстилю
	"Натуральный текстиль" (Naturtextil)	Органик	Германия
	"Экотекс", или "Доверие текстилю" (Оeko-Тех, Textiles Vertrauen)	Органик	Германия
	Carbon Reduction	Органик	Великобритания
	Cradle to Cradle (C2C, "От колыбели до колыбели")	Органик	США
	FairTrade	Органик	Нидерланды

	EKO Sustainable	Органик	Нидерланды
	-	Гринвошинг	Российская Федерация
	-	Гринвошинг	-
	-	Гринвошинг	-
	-	Гринвошинг	-
	-	Гринвошинг	-
	-	Гринвошинг	-
	-	Гринвошинг	-

Изучение товарного ассортимента проведено на выборке 192 наименования товара нательного белья, что подтверждено расчетными данными. Данное количество промаркированной продукции фактически было выявлено в ходе полевого исследования ассортиментной номенклатуры в торговых сетях Республики Крым (табл. 1). Соотношение органической текстильной продукции с гринвошингом* составляет 53,6% (103 ед.) и 46,4% (89 ед.) соответственно. Данную ситуацию можно объяснить тем,

что закон "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ" вступил в силу только с 1 января 2020 года. Индекс качественной вариации составил 92,71%, индекс энтропии соответствует значению 99,62%, что свидетельствует о высоком разбросе полученных данных. На рис. 1 представлено соотношение готовой органической текстильной продукции с неорганической по половозрастной классификации в торговых сетях Республики Крым.

** Экологичное позиционирование компании или товара/услуги без достаточных для этого оснований.

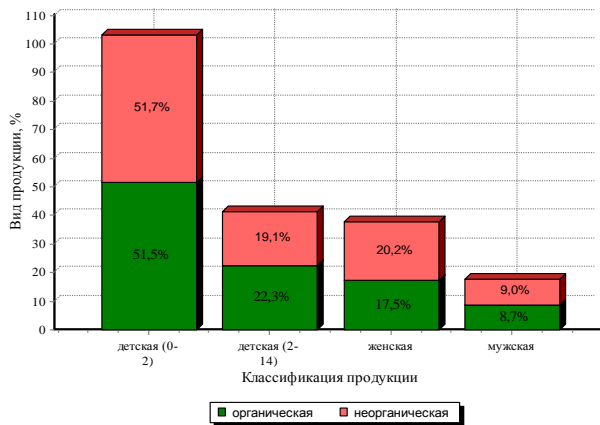
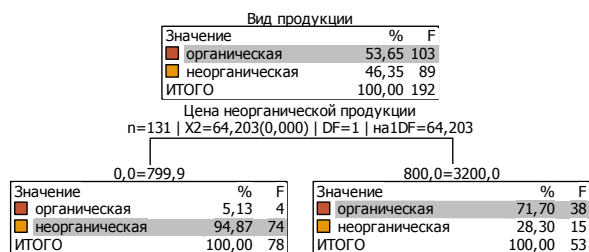


Рис. 1

Из рис. 1 видно, что наибольшее количество гринвошинга выявлено в женской одежде и составляет по отношению с органической продукцией 20,2% и 17,5% соответственно. В общей структуре органической одежды на категорию "детская (0-2)" приходится 51,5%, группу "детская (2-14)" сформировали 22,3%, "женская" – 17,5%, "мужская" – 8,7%.

На основании полученных данных построено дерево классификации, позволяющее продемонстрировать соотношение цен на органическую и неорганическую текстильную продукцию (рис. 2). Индекс качественной вариации составил 85,50%.



Общий процент правильной классификации: 85,50%(+17,56%)

Рис. 2

Из рис. 2 видно, что цена на органическую текстильную продукцию прослеживается в диапазоне от 800 до 3200 руб. и составляет 71,7%, в то время как цена на гринвошинг не превышает 799,9 руб. в 74 товарных позициях, что составляет 94,87% от общего товарного ассортимента. Статистическое исследование цен позволило выявить несколько тенденций (рис. 3 – частотность цен на органическую и неорганическую текстильную продукцию).

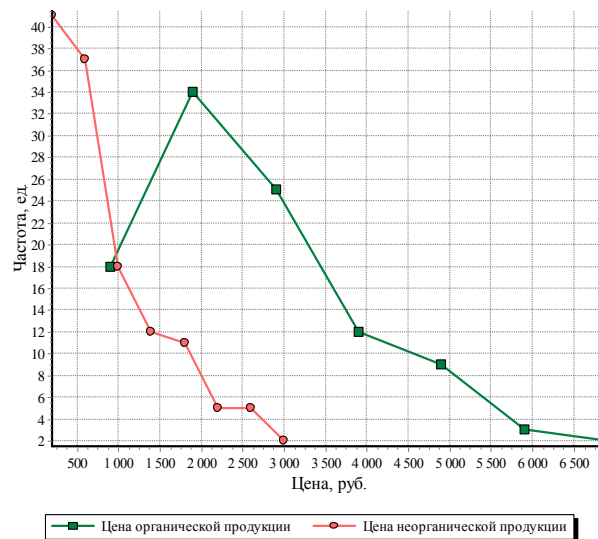


Рис. 3

Из рис. 3 видно, что наибольшая частотность наименований органической текстильной продукции соответствует отметке в 1900 руб., в то время как цена на гринвошинг не превышает 3000 руб. по всем товарным группам. Среднее значение цен на органическую продукцию в разрезе половозрастной классификации представлено в табл. 2.

Таблица 2

Классификация продукции по половозрастному принципу	Цена органической текстильной продукции		
	итого, ед.	среднее, руб.	станд. откл.
Детская (0-2)	53	2030,96	1174,87
Детская (2-14)	23	2275,04	576,10
Женская	18	3897,72	985,54
Мужская	9	4614,67	1443,98
Итого	103	2637,46	1395,23

Так, наибольшее количество органической текстильной продукции представлено в товарной группе "детская (0-2)" одежда, сформированной, по данным выборочного

исследования, из 53 наименований со средней стоимостью 2030,96 руб. Диапазон цен на готовую органическую текстильную продукцию представлен в табл. 3.

Таблица 3

Цена органической текстильной продукции, руб.	Классификация продукции по половозрастному принципу, ед.				
	детская (0-2)	детская (2-14)	женская	мужская	Итого
400,0=1399,9	16	2	0	0	18
1400,0=2399,9	24	9	1	0	34
2400,0=3399,9	8	11	4	2	25
3400,0=4399,9	1	1	7	3	12
4400,0=5399,9	2	0	6	1	9
5400,0=6399,9	1	0	0	2	3
6400,0=7400,0	1	0	0	1	2
Итого	53	23	18	9	103

Наибольшее количество органической текстильной продукции со значением 24 наименования выявлено в группе "детская (0-2)" одежда с диапазоном цен от 1400 руб. до 2399 руб., в категории "детская (2-14)" этот показатель колеблется от 2400 руб. до

3399,9 руб. при выборочном исследовании 11 наименований, "женская" (7 ед.) и "мужская" (3 ед.) прослеживается в пределе 3400-4399,9 руб. Результаты статистической обработки приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметр	Значение	Кол-во случаев
Коэффициент V Крамера [0..1]	0,514	103
Коэффициент сопряженности C' Пирсона [0..1]	0,768	103
Коэффициент Гамма [-1..+1]	0,714	103
Коэффициент R Пирсона [-1..+1]	0,629	103

Следует отметить, что расчетные данные свидетельствуют о сильной взаимосвязи между исследуемыми параметрами. При аппроксимации зависимости между

ценами на органическую текстильную продукцию и гинвотинг методом сглаженной линии средних прослеживается четкая зависимость (рис. 4).

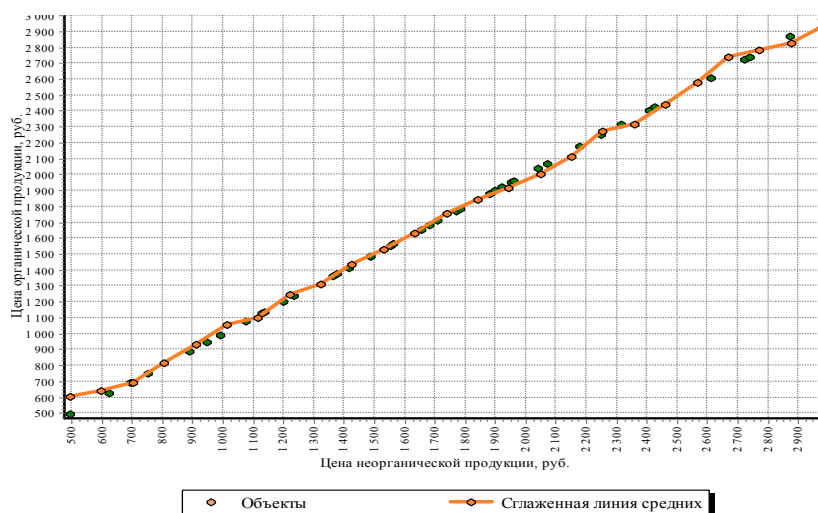


Рис. 4

Из рис. 4 видно, что четкая локализация цен в диапазоне от 500 руб. до 2900 руб. не выявлена, однако трудно найти экономическое обоснование цене свыше 3000 руб. в исследуемой группе товаров.

ВЫВОДЫ

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы: на региональном рынке представлено 53,6% органической текстильной продукции (нательное белье) в соотношении с гринвошингом; наибольшее количество органической текстильной продукции представлено в товарной группе "детская (0-2)" одежда со средней стоимостью 2030,96 руб.; свыше 3000 руб. трудно найти экономическое обоснование ценам на органическую текстильную продукцию в данной товарной группе, они устанавливаются стохастическим образом и носят спекулятивный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митина Э.А. Теоретические подходы к пониманию сущности ответственного потребления // Теоретическая экономика. – 2020, №1(61). С.65...73.
2. Ломовцева О.А., Соболева С.Ю. Социальные инвестиции как форма реализации социальной ответственности предприятия // Известия ВолГТУ. – 2005, №5. С. 146...153.
3. Митина Э.А. Теории потребительского поведения: концептуальный подход // Маркетинг в России и за рубежом. – 2019, №6. С. 27...33.
4. Webster F. E. Determining the Characteristics of the Socially Conscious Consumer // Journal of Consumer Research. – 1975, №2. P. 188...196.
5. Котлер Ф., Сетиван А., Караджайя Х. Маркетинг 3.0. От продуктов к потребителям и далее – к человеческой душе. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2012.
6. Ertz M., Durif F., François-Lecompte A., Boivin C. Does “sharing” mean “socially responsible consuming”? Exploration of the relationship between collaborative consumption and socially responsible consumption // Journal of Consumer Marketing. – 2018, № 35 (4). P.392...402.
7. Durif F. et al. Socially Responsible Consumers: Profile and Implications for Marketing Strategy // International Review of Business Research Paper. – 2011, №7(6). P. 215...224.
8. Starr M.A. The Social Economics of Ethical Consumption: Theoretical Considerations and Empirical

Evidence // Journal of Socio-Economics. – 2009, №38(6). P. 916...925.

9. Trudel R., Cotte J. Is it really worth it? Consumer response to ethical and unethical practices // Sloan Management Review. – 2009, №50(2). P. 61...68.

10. Vitell S.J., Paolillo J.P., Singh J.J. Religiosity and Consumer Ethics // Journal of Business Ethics. – 2005, №57. P. 175...181.

11. Ярош О.Б., Митина Э.А. Исследование ассортимента и каналов товародвижения органической продукции в Республике Крым // Регионоведение. – 2018, №1(26). С. 90...107.

12. Кириченко О.В., Пелик Л.В. Эффективность текстильного производства // Экономический, организационный и правовой механизм поддержки и развития предпринимательства./ Под ред. О.В. Калашник, Х.З. Мазмудова, И.О. Яснолюб. – П.: ПП "Астра", 2019. С. 259...265.

13. Федеральный закон от 03.08.2018 № 280-ФЗ "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://publication.pravo.gov.ru> (дата обращения: 28.09.2022).

14. ГОСТ 33980-2016 "Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://brucite.plus/> (дата обращения: 28.09.2022).

REFERENCES

1. Mitina E.A. Theoretical approaches to understanding the essence of responsible consumption // Teoreticheskaya ekonomika. – 2020, № 1 (61). P.65...73.
2. Lomovtseva O.A., Soboleva S.Yu. Social investments as a form of implementation of the social responsibility of the enterprise // Izvestiya VolGTU. – 2005, № 5. P. 146...153.
3. Mitina E.A. Theories of consumer behavior: a conceptual approach // Marketing in Russia and abroad. – 2019, № 6. P. 27...33.
4. Webster F. E. Determining the Characteristics of the Socially Conscious Consumer // Journal of Consumer Research. – 1975, № 2. P. 188...196.
5. Kotler F., Setivan A., Karadzhaya H. Marketing 3.0. From products to consumers and further to the human soul. – М.: Alpina Business Books, 2012.
6. Ertz M., Durif F., François-Lecompte A., Boivin C. Does “sharing” mean “socially responsible consuming”? Exploration of the relationship between collaborative consumption and socially responsible consumption // Journal of Consumer Marketing. – 2018, № 35 (4). P.392...402.
7. Durif F. et al. Socially Responsible Consumers: Profile and Implications for Marketing Strategy // International Review of Business Research Paper. – 2011, № 7(6). P. 215 ... 224.
8. Starr M.A. The Social Economics of Ethical Consumption: Theoretical Considerations and Empirical

Evidence // Journal of Socio-Economics. – 2009, № 38(6). P. 916...925.

9. Trudel R., Cotte J. Is it really worth it? Consumer response to ethical and unethical practices // Sloan Management Review. – 2009, № 50(2). P. 61 ... 68.

10. Vitell S.J., Paolillo J.P., Singh J.J. Religiosity and Consumer Ethics // Journal of Business Ethics. - 2005, № 57. P.175...181.

11. Yarosh O.B., Mitina E.A. Research of assortment and distribution channels of organic products in the Republic of Crimea // Regionology. – 2018, №1(26). P. 90...107.

12. Kirichenko O.V., Pelik L.V. Efficiency of textile production // Economic, organizational and legal mechanism for supporting and developing entrepreneurship / Ed. O.V. Kalashnik, H.Z. Mazmudova, I.O. Clairvoyant. - P. : PP "Astraya", 2019. P. 259 ... 265.

13. Federal Law of August 3, 2018 № 280-FZ "On organic products and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation" [Electronic resource]. – Access mode: <https://publication.pravo.gov.ru> (date of access: 28.09.2022).

14. GOST 33980-2016 "Products of organic production. Rules for production, processing, labeling and sale" [Electronic resource]. – Access mode: <https://brucite.plus/> (date of access: 28.09.2022).

Рекомендована кафедрой маркетинга, торгового и таможенного дела. Поступила 05.10.22.

УДК 331.5

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_27

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОДХОДОВ К АНАЛИЗУ КОНЪЮНКТУРЫ РЫНКА ТРУДА
В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ
(НА ПРИМЕРЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ)**

**DEVELOPMENT APPROACHES TO THE ANALYSIS OF THE LABOR MARKET
UNDER THE CONDITIONS OF THE ECONOMY DIGITALIZATION
(ON THE CASE OF THE TEXTILE INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS)**

Е.В. ВАНКЕВИЧ, И.Н. КАЛИНОВСКАЯ

A.V. VANKEVICH, I.N. KALINOVSKAYA

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State University of Technology, Republic of Belarus)

E-mail: vankevich_ev@tut.by

Проанализирован традиционный подход к расчету конъюнктуры рынка труда, определены его ограничения. Обоснован новый метод расчета конъюнктуры рынка труда в условиях цифровизации экономики на основе использования данных онлайн-порталов с детализацией на уровне видов экономической деятельности, регионов, занятий (профессионально-квалификационных групп) и навыков. Сформирован массив данных о рынке труда Республики Беларусь на основе скрейпинга информации о 22,8 тыс. вакансиях и 77,7 тыс. резюме из онлайн-источников и порталов, их технической обработки и классификации с помощью искусственного интеллекта. На основе полученных данных проведен анализ конъюнктуры рынка труда в текстильной промышленности Республики Беларусь. Сделан вывод о более напряженной конъюнктуре рынка труда в отрасли (по сравнению с экономикой Беларуси в целом), особенно по таким профессионально-квалификационным группам,

как руководители, специалисты, работники, занятые предоставлением офисных услуг, работники сферы обслуживания. Впервые классифицированы навыки, востребованные в текстильной промышленности Беларуси, и сопоставлены с запасом навыков у соискателей, что может быть учтено в деятельности учреждений образования, осуществляющих подготовку работников для текстильной промышленности Республики Беларусь. Доказано, что данные онлайн-порталов дополняют информацию о состоянии рынка труда, но нуждаются в специальной обработке. Это вызвано использованием собственных классификаторов, не совместимых с Общегосударственными классификаторами, отсутствием репрезентативности онлайн-данных, дублированием информации. Решением указанных проблем может стать формирование единой базы данных о вакансиях и резюме, построенной на унифицированных методических подходах и обработанной по единым классификаторам.

The traditional approach to the labor market estimation is analyzed and its limitations are identified. A new method for evaluation of the labor market situation in the context of economy digitalization has been developed based on the use of online job vacancies portals and details at the level of economic activities, regions, occupations and skills. A set of data about the labor market of the Republic of Belarus based on the scraping of information about 22.8 thousand job vacancies and 77.7 thousand resumes from online sources and portals, their technical processing and classification using artificial intelligence was formed. Founded on the obtained data, the analysis of the labor market conditions in the textile industry of the Republic of Belarus has been carried out. It has been concluded that the labor market situation in the industry is tenser (as compared to the economy of Belarus in general), especially in such professional and qualification groups as managers, specialists, employees engaged in the provision of office services, and service sector employees. For the first time the skills demanded in the textile industry of Belarus have been classified and compared with the skills stock of job applicants, which can be taken into account in the activities of educational institutions engaged in training workers for the textile industry of the Republic of Belarus. It has been proved that the data from online portals supplement the information about the situation of the labor market, but need special processing. This is caused by the use of their own classifiers, which are not compatible with the national classifiers, the lack of representativeness of online data, duplication of information. The solution to these problems could be the formation of a single database of vacancies and resumes, built on unified methodological approaches and processed by unified classifiers.

Ключевые слова: цифровизация, рынок труда, конъюнктура рынка труда, навыки, онлайн-порталы вакансий, текстильная промышленность.

Keywords: digitalization, labor market, labor market conditions, skills, online job portals, textile industry.

Введение

Цифровизация экономики сопровождается коренными изменениями рынка труда. Это требует пересмотра направлений и показателей для оценки и прогноза его развития, так как статистические данные не поз-

воляют полностью отразить новые явления на рынке труда и наметившийся сдвиг от анализа количества рабочих мест и численности рабочей силы к изучению спроса и предложения навыков. Дополнительные направления анализа рынка труда специа-

листы связывают с появлением новых источников информации (данных онлайн-порталов вакансий, платформ, агрегаторов). В ряде работ доказано, что онлайн-источники данных могут восполнить информационный разрыв между официальными статистическими данными и реальной ситуацией [1], [2], а также возможно их комбинирование с национальными статистическими и административными данными [3, с.11...14]. Кроме того, они позволяют исследовать структуру вакансий и резюме в разрезе навыков и компетенций [4...8]. Последнее обстоятельство является особенно важным, так как асимметрия информации между требованиями нанимателей и тем набором навыков, которыми обладают соискатели, создает несоответствия на рынке труда и обходится дорого обеим сторонам, одновременно демонстрируя разрыв в данных, предоставляемых национальными статистическими организациями и потребностями рынка труда в оперативной и более детализированной информации. В этих целях разработаны технологии, позволяющие извлекать и анализировать вакансии, резюме и описанные в них навыки из онлайн-источников (например, разработки Emsi Burning Glass, Cedefop) [3], [6], [7]. В условиях цифровизации этот источник информации будет только расширяться.

Традиционный подход к анализу конъюнктуры рынка труда состоит в расчете числа вакансий на одного безработного. Органами государственной службы занятости Республики Беларусь этот показатель активно используется при оценке ситуации на рынке труда и обосновании мероприятий государственной программы содействия занятости. Информативность этого показателя ограничена в силу следующих обстоятельств:

- в числителе используется общее число вакансий, зарегистрированных в Общереспубликанском банке вакансий, часть из которых являются не заполняемыми из-за непривлекательности (низкий уровень заработной платы),

- в знаменателе используется численность безработных, зарегистрированных в органах по труду, занятости и социальной защите, что в 20...30 раз ниже численности фактически безработных в стране (табл.1),

- отсутствие деления на занятия, виды экономической деятельности, использование общего значения по Беларуси в целом с разбивкой по областям и г. Минску, что не отражает региональной дифференциации,

- невозможно учитывать несоответствия навыков и квалификации на рынке труда.

Таблица 1

	Показатель	Значение		
		2019	2020	2021
1	Рабочая сила, в возрасте 15...74 лет, чел., в том числе:	5 122,5	5091,6	5047,5
1.1	Занятое население, чел.	4 909,1	4885,4	4850,6
1.2	Численность безработных (по данным выборочного обследования, по методологии МОТ), тыс. чел.	213,3	206,2	196,9
1.3	Численность безработных, зарегистрированных в органах по труду, занятости, и социальной защите, тыс. чел.	8,8	7,2	5,3
2	Число свободных рабочих мест и вакансий, тыс. (на конец года):			
2.1	По данным Национального статистического комитета, тыс.	83,5	75,1	92,0
2.2	Вакансии, скачанные из онлайн-источников	16399	22799	23541
3	Резюме, поданные или обновленные	28566	49161	46118
4	Конъюнктура на рынке труда (общая):			
4.1	как отношение численности зарегистрированных безработных на 1 вакансию	0,54	0,32	0,23
4.2	как отношение числа резюме к числу вакансий (строка 3 к строке 2.2.)	1,741	2,156	1,96
5	Навыки, дедублированные и обработанные с помощью искусственного интеллекта:			
5.1	Извлеченные из вакансий, тыс.	89,932	120,834	122,413
5.2	Извлеченные из резюме, тыс.	146,206	186,613	188,301

В таком расчете показатель конъюнктуры рынка труда является малопригодным

для анализа, прогноза, выявления несоответствий на рынке труда и принятия реше-

ний, так как свидетельствует, что в 2021 г. на 1 зарегистрированного безработного приходилось более 7 вакансий, и 0,5 вакансий на 1 фактически безработного (табл.1). То есть можно было бы сделать вывод о том, что напряженность на рынке труда отсутствует, так как все безработные могут быть трудоустроены. Но в реальности этого не происходит. В итоге значение конъюнктуры рынка труда, исчисленное таким образом, вводит в заблуждение лиц, принимающих решение, и является малоинформативным для разработки соответствующих документов в области регулирования рынка труда.

Методы сбора данных и расчета конъюнктуры рынка труда по данным онлайн-источников

Поисковые системы позволяют найти в Республике Беларусь более 40 негосударственных онлайн порталов вакансий. Наиболее крупным первичным порталом вакансий является Общереспубликанский банк вакансий (он содержит 94,3 тыс. вакансий на 25.03.2022), rabota.by (19651 вакансий), rгаса.by (13552 вакансии), Rdw.by (4912 вакансий). Также можно выделить три наиболее крупных агрегатора вакансий: Belmeta.com (89 тыс. вакансий), By.trud.com (125 тыс. вакансий), Godrabot.by (78 тыс. вакансий), из которых статистику резюме ведет только By.trud.com (40,0 тыс. резюме). По числу резюме лидирует rabota.by (более 2,7 млн резюме – это 55% от численности занятых), rгаса.by (469,5 тыс. резюме), Rdw.by (14,6 тыс. резюме), Общереспубликанский банк вакансий (6,4 тыс. резюме). Но не все онлайн-порталы аккумулируют резюме соискателей.

Конъюнктура рынка труда на негосударственных онлайн-порталах оценивается как отношение резюме к вакансиям. На портале rabota.by в 1 квартале 2022 г. она составила 7,5 резюме на 1 вакансию, что выше, чем в конце 2021 г. (6,7 резюме на 1 вакансию). При этом анализ ведется в разрезе предметных областей и видов деятельности (по собственным классификаторам). Наиболее напряженной, по данным портала, является область "Начало карьеры,

студенты" – 15,2 резюме на 1 вакансию (рис.1), однако по сравнению с 1 кварталом 2021 г. ситуация улучшилась (в 1 кв. 2021 г. она составила 29,2 резюме на 1 вакансию) (<https://rabota.by/article/30213>)

В целом по имеющимся данным на онлайн-источниках сложно составить общую картину о рынке труда, они дают фрагментарное представление. Многие данные не доступны для использования, а результаты аналитики, которые отдельные порталы проводят самостоятельно, часто являются закрытыми или платными.

Поэтому в качестве альтернативного метода формирования базы данных для анализа в ряде стран используется метод скрейпинга [9] (Скрейпинг данных и их техническая подготовка к использованию рассмотрены в статье Vankevich A., Kalinouskaya I. Better understanding of the labour market using Big Data / Alena Vankevich, Iryna Kalinous-kaya // *Ekonomia i pravo. Economics and law* - Vol. 20 № 3(2021) - <https://doi.org/10.12775/EiP.2021.040>. – P.677...692). Методом скрейпинга собрано и проанализировано за 2019-2021 гг. 62,739 тыс. вакансий (или 25,04% от имеющихся в Общереспубликанском банке вакансий), содержащих 333,179 тыс. компетенций и 123,845 тыс. резюме (20,1%), содержащих 521,12 тыс. компетенций (табл.1). То есть дополнительно скрейпинг позволяет сформировать базу данных навыков.

Данные для оценки рынка труда в условиях цифровизации должны сочетать информацию с онлайн-порталов с данными Национального статистического комитета. Для оценки состояния рынка труда по данным онлайн-источников правомерно рассчитывать конъюнктуру рынка труда (k) в разрезе занятий и регионов (или конкуренцию на рынке труда) по формуле:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^9 r_{ijm}}{\sum_{i=1}^9 V_{ijm}}. \quad (1)$$

При таком расчете данные показатели однозначно интерпретируются: их повышение означает усиление напряженности на рынке труда и рост конкуренции, ухудшение конъюнктуры рынка труда. Аналогич-

ные расчеты можно проводить в разрезе навыков и компетенций (табл. 1).

Результаты и обсуждение: анализ развития рынка труда Республики Беларусь на основе данных онлайн-источников (на примере текстильной промышленности)

В динамике 22,8 тыс. вакансий по данным 2020 г., полученных методом скрейпинга, выявлена сезонность: активность нанимателей резко возрастает во II квартале и постепенно снижается к концу года. В структуре вакансий 21% предназначены для специалистов с высшим образованием, 20% – для работников, имеющих общее среднее образование, 19% – профессионально-техническое и 19% – среднее специальное образование. Для 11% вакансий не требуется образования, для 10% вакан-

сий требования к уровню образования не указаны. Только для 14% вакансий требуется опыт (более 2 лет), в описании 65% вакансий нет ограничений по опыту и стажу работника.

В разрезе основных занятий (профессионально-квалификационных групп) по ОКРБ 014-2017 "Занятия" из 22,8 тысяч вакансий, 31,2% относятся к группе занятий "Квалифицированные рабочие промышленности, строительства и рабочие родственных профессий (за исключением работников, вошедших в основную группу 8)", 23,44% – к группе занятий "Специалисты-профессионалы", 16,01% – к группе занятий "Работники сферы обслуживания, торговли и других родственных видов деятельности" (рис. 1).

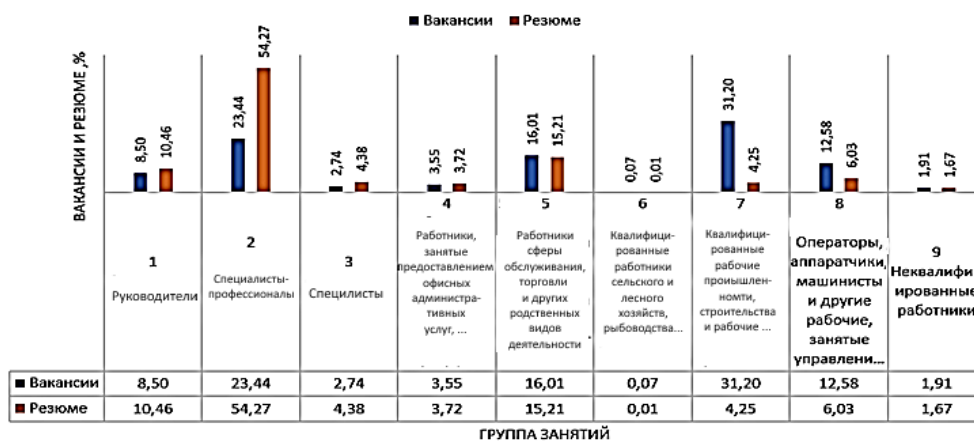


Рис. 1

В разрезе регионов Республики Беларусь 26,84% вакансий открыто в г. Минске, остальные 73,16% приблизительно распределены на областные центры и 6 областей.

Резюме – это принципиально иная база данных о рынке труда, которую не формирует Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь ведет учет резюме, зарегистрированных на портале Общереспубликанского Банка вакансий, где в соответствии с законодательством, любой желающий может разместить свое резюме. Однако на практике таких желающих немного – 6449 резюме на 25.03.2022, что составляет 0,15% от численности занятых в стране.

Анализ 77,7 тыс. резюме, собранных методом скрейпинга с онлайн-источников, позволяет сделать следующие выводы:

1) существует сезонность в подаче резюме – к концу лета-началу осени активность граждан на рынке труда выше, что связано с поиском сезонной работы и первого рабочего места выпускниками учебных заведений [13];

2) наиболее активно размещают свои резюме на онлайн-порталах соискатели в возрасте 26...36 лет (рис. 2), что связано с хорошими компьютерными навыками и осведомленностью о цифровых источниках поиска работы;



Рис. 2

3) в разрезе основных занятий (профессионально-квалификационных групп) по ОКРБ 014-2017 "Занятия" из 164,023 тысяч скачанных и обработанных резюме, входящих в топ-100, треть (30,03%) относится к группе занятий "Специалисты-профессионалы", 31,25% к группе занятий "Работники сферы обслуживания, торговли и других родственных видов деятельности", 12,71% – к группе занятий "Операторы, аппаратчи-

ки, машинисты и другие рабочие, занятые управлением, эксплуатацией и обслуживанием установок и машин, сборщики изделий" (рис.1).

Полученные данные позволяют рассчитать конъюнктура рынка труда (как отношение числа резюме к числу вакансий) в разрезе занятий по ОКРБ 014-2017 "Занятия" (рис.3).

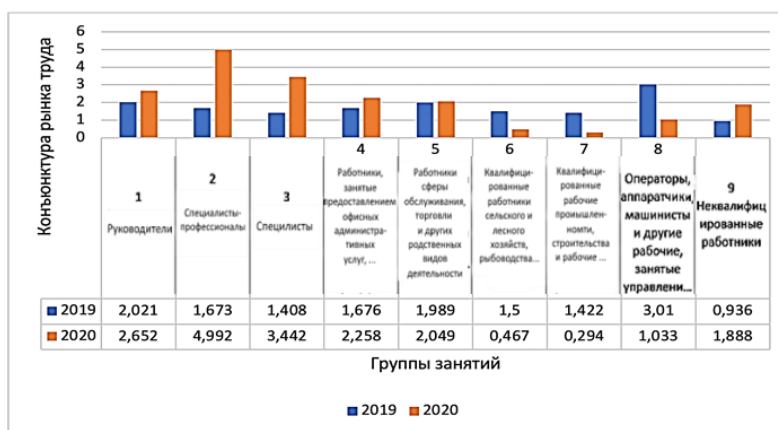


Рис. 3

Наиболее напряженной является конъюнктура рынка труда по таким профессионально-квалификационным группам работников, как руководители, специалисты-профессионалы, специалисты и операторы, аппаратчики, машинисты и другие рабочие, занятые управлением, эксплуатацией и обслуживанием установок и машин, сборщики изделий. Но в целом конъюнктура рынка труда достаточно подвижна, поэтому для принятия решений необходимо углубить анализ в разрезе видов экономической деятельности и навыков. Сформиро-

ванная база данных позволяет провести анализ в разрезе навыков, результаты которого представляют ценность не только для рынка труда, но и для системы образования [14]. Например, в собранном массиве данных содержится информация о 1518 вакансиях и 5395 резюме в текстильной промышленности Республики Беларусь, что позволяет провести анализ рынка труда отрасли в разрезе регионов, занятий и навыков [15]. Результаты расчета конъюнктуры рынка труда текстильной и легкой промышленности представлены в табл. 2.

Таблица 2

Группа занятий	г. Минск и Минская обл.	г. Брест и Брестская обл.	г. Витебск и Витебская обл.	г. Гомель и Гомельская обл.	г. Гродно и Гродненская обл.	г. Могилев и Могилевская обл.	Итого, занятия
01. Руководители	9,8	14,4	10,333	10,714	4,0	15,0	9,472
02. Специалисты-профессионалы	11,49	6,458	4,34	7,853	3,603	6,125	6,493
03. Специалисты	0	33,0	12,5	0	6,8	14,0	23,0
04. Работники, занятые предоставлением офисных административных услуг, услуг потребителям, подготовкой, обработкой информации и учетом	11,188	20,333	9,25	5,182	9,0	12,143	10,518
05. Работники сферы обслуживания, торговли и других родственных видов деятельности	8,089	14,214	13,455	10,696	6,13	11,375	9,697
07. Квалифицированные рабочие промышленности, строительства и рабочие родственных профессий (за исключением работников, вошедших в основную группу 8)	1,516	2,105	0,593	0,854	0,448	1,176	0,993
08. Операторы, аппаратчики, машинисты и другие рабочие, занятые управлением, эксплуатацией и обслуживанием установок и машин, сборщики изделий	0,836	0,732	0,232	0,609	0,441	0,542	0,583
09. Неквалифицированные работники	3,333	7,25	3,556	6,0	3,4	1,7	3,58
Итого, регион	4,5	4,244	2,433	4,01	2,218	3,841	3,554

Рис. 4...5 отражают сравнение конъюнктуры рынка труда текстильной и легкой промышленности за 2020 год в разрезе регионов и групп классификации занятий по

ОКРБ 014-2017 с общими значениями для национальной экономики Беларуси в целом.

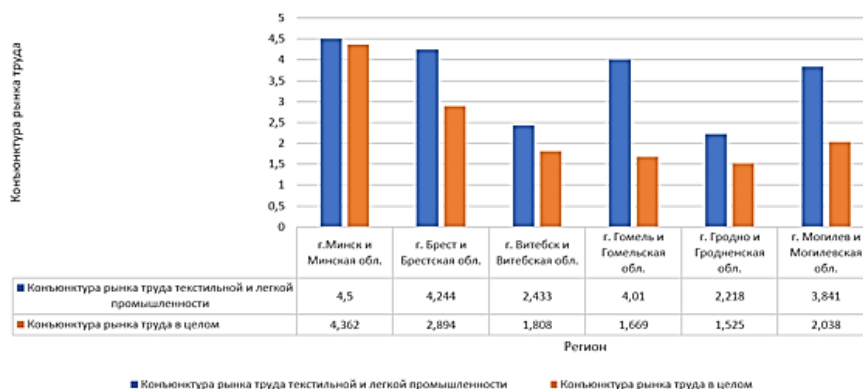


Рис. 4

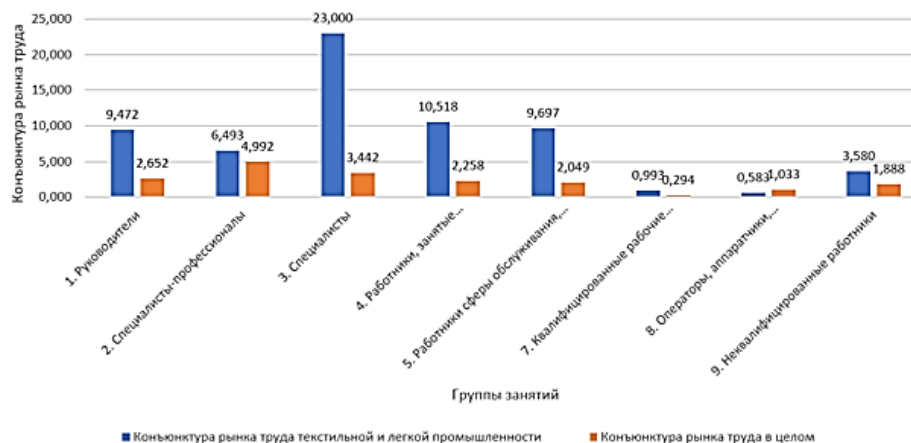


Рис. 5

Конъюнктура рынка труда в текстильной и легкой промышленности является более напряженной, чем по Беларуси в целом, трудоизбыточной, особенно по таким профессионально-квалификационным группам,

как руководители, специалисты, работники, занятые предоставлением офисных административных услуг, услуг потребителям, подготовкой, обработкой информации и учетом, работники сферы обслуживания.

Таблица 3

Навыки	Количество вакансий, в которых встречается навык	Частота упоминания навыка в вакансиях, % (отношение количества вакансий, в которых встречается навык, к общему количеству вакансий)	Количество резюме, в которых встречается навык	Частота упоминания навыка в резюме, % (отношение количества резюме, в которых встречается навык, к общему количеству резюме)	Конъюнктура по навыкам (отношение количества резюме, в которых встречаются навыки, к количеству вакансий, в которых встречается навык)
Использование компьютера	953	62,78	4327	80,2	4,54
Работа в команде	646	42,56	2096	38,85	3,24
Деятельность по продажам	519	34,19	1016	18,83	1,95
Выполнение обязательств	491	32,35	1743	32,31	3,54
Использование Microsoft office	463	30,5	1065	19,74	2,30
Управление персоналом	409	26,94	614	11,38	1,50
Применение правил грамматики и правописания	383	25,23	421	7,8	1,09
Составление проектов корпоративных электронных писем	335	22,07	502	9,3	1,49
Ведение переговоров по договорам купли-продажи	297	19,57	1009	18,7	3,39
Творческое мышление	176	11,59	211	3,91	1,19

В процессе скрейпинга была сформирована эмпирическая база, включающая 22945 уникальных навыков, описанных в вакансиях и резюме, полученных по должностям, относящимся к текстильной и легкой промышленности. Анализ сформированной базы данных позволил выявить навыки, наиболее востребованные в текстильной и легкой промышленности Беларуси (табл. 3) – навыки использования компьютера и программы Microsoft Office, работы в команде, деятельность по продажам, выполнение обязательств. Их частота упоминания в вакансиях наибольшая (более 30%).

Навыки использования компьютера встречаются в 80,2% всех резюме и в 62,78% вакансий, что может сигнализировать об избытке данной компетенции на рынке труда. Навыки работы в команде отражены в 38,85% резюме и 42,56% вакансий, что показывает их недостаток у кандидатов, как и навыка деятельности по продажам (который присутствует в 18,83% резюме и 34,19% вакансий), управления персоналом, применения правил грамматики и правописания, составления проектов корпоративных электронных писем, творческого мышления.

Значение конъюнктуры по группам навыков различно. Наиболее напряженной является конъюнктура по навыкам использования компьютера (4,54), то есть по ним запас у соискателей превышает спрос со стороны нанимателей, ведения переговоров по купле-продаже (3,39), выполнения обязательств (3,54), работы в команде (3,24). По остальным навыкам конъюнктура является менее напряженной. Из ТОП-10 навыков, наименее напряженной является конъюнктура по навыкам применения правил грамматики и правописания, творческого мышления. Их правомерно отнести к дефицитным, так как их запас у соискателей минимальный. Полученные данные позволяют сделать выводы, на формирование каких навыков необходимо ориентировать учреждения образования, осуществляющие подготовку работников для текстильной промышленности Республики Беларусь.

Данные онлайн-порталов дополняют информацию о состоянии рынка труда. К достоинствам данного метода можно отнести возможность проведения анализа в разрезе видов экономической деятельности, занятий и навыков. Исследование показало, что полученная база данных нуждается в специальной обработке для использования, что вызвано следующими ограничениями:

- сложность формирования единого массива данных, так как они расположены на различных источниках, поэтому необходимо технически реализовать задачу их сбора методом скрейпинга,

- отсутствие репрезентативности онлайн-данных, полученных методом скрейпинга, в региональном аспекте, по видам экономической деятельности, занятиям, возрасту. Это объясняет необходимость комбинирования нескольких методов анализа и прогноза рынка труда,

- невозможность построения корректного динамического ряда и панельной базы данных для прогноза в силу использования разных методических подходов при расчете одних и тех же показателей,

- усиливающееся влияние миграционных факторов и дистанционных форм занятости,

- использование собственных классификаторов, не совместимых в Общегосударственными классификаторами,

- дублирование информации при классификации (например, одна и та же вакансия может быть одновременно включена в несколько рубрик).

Решением указанных проблем может стать формирование единой базы данных о вакансиях и резюме, построенной на унифицированных методических подходах и обработанной по единым классификаторам.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс] https://www.etf.europa.eu/sites/default/files/2021-02/changing_skills_for_a_changing_world_2.pdf Changing skills for a changing world. Understanding skills demand in EU neighbouring countries [дата обращения 01.06.2022].

2. Kureková L.M., Beblavý M. and Thum-Thysen A., Using online vacancies and web surveys to analyse the labour market: a methodological inquiry // IZA Journal of Labor Economics. – 2015, Vol. 4, №18. <https://doi.org/10.1186/s40172-015-0034-4>.

3. [Электронный ресурс] <https://www.readkong.com/page/understanding-online-job-ads-data-5416551> Carnevale A.P., Jayasundera T., Repnikov D. Understanding online job ads data. A technical report [дата обращения 12.07.2022].

4. Riccero M. Sustainable development and new forms of work. A scenario of common, basic challenges for public and private players // International Labour Forum – Academic Discussion "Employment and the Labour Market: Contours of De-Standardisation". St. Petersburg, 23 April 2021. Living Standards of the Population in the Regions of Russia. – 2021, Vol. 17, №4. P.462...477.

5. [Электронный ресурс] https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--ed_emp/--emp_ent/documents/publication/wcms_759330.pdf The feasibility of using big data in anticipating and matching skills needs – International Labour Office – Geneva: ILO [дата обращения 14.07.2022].

6. [Электронный ресурс] <https://www.cedefop.europa.eu/en/data-visualisations/skills-online-vacancies> Cedefop, Skills-OVATE: Skills Online Vacancy Analysis Tool for Europe [дата обращения 14.07.2022].

7. [Электронный ресурс] <https://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/publications/4172> Cedefop, Online job vacancies and skills analysis: a Cedefop pan-European approach [дата обращения 14.07.2022].

8. [Электронный ресурс] <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/36947/Indonesia-s-Online-Vacancy-Outlook-From-Online-Job-Postings-to-Labor-Market-Intelligence-2020.pdf> Indonesia's online vacancy outlook. From online job posting to labor market intelligence. 2020 International Bank of Reconstruction and Development [дата обращения 14.07.2022].

9. Vankevich A., Kalinouskaya I. Better understanding of the labour market using Big Data // *Ekonomia i pravo. Economics and law.* – 2021, Vol. 20 № 3. P.677...692.

10. [Электронный ресурс] https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_50202/ Беларусь в цифрах, 2022. Стат. справочник, Национальный статистический комитет Республики Беларусь [дата обращения 19.07.2022].

11. [Электронный ресурс] https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_18061/ Труд и занятость в Республике Беларусь, 2020. Стат. сборник, Национальный статистический комитет Республики Беларусь [дата обращения 19.07.2022].

12. [Электронный ресурс] <https://thinktanks.by/publication/2022/05/01/belstat-ozvuchil-chislennost-beloruskih-trudyaschihsya.html> Занятость населения в Республике Беларусь в 2021 году (по материалам выборочного обследования). Минск, Национальный

статистический комитет Республики Беларусь [дата обращения 20.07.2022].

13. Ванкевич Е.В., Калиновская И.Н., Зайцева О.В. Методические аспекты анализа сезонных изменений рынка труда, базирующиеся на технологиях искусственного интеллекта // *Экономический вестник университета: Университет имени Григория Сковороды в Переяславле.* – 2021, № 49. С. 7...15.

14. [Электронный ресурс] [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=E DU/WKP\(2020\)19&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=E%20DU/WKP(2020)19&docLanguage=En) What skills do employers seek in graduates? Using online job posting data to support policy and practice in higher education OECD. Education Working Paper No. 231 By Nora Brüning (OECD) and Patricia Mangeol (OECD) [дата обращения 22.07.2022].

15. Vankevich A., Kalinouskaya I., and Zaitseva O. Assessment of demand for personnel in textile industry on the basis of data analysis of online job portals // International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI-2021). – 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0078827>.

REFERENCES

1. [Electronic resource] https://www.etf.europa.eu/sites/default/files/2021-02/changing_skills_for_a_changing_world_2.pdf Changing skills for a changing world. Understanding skills demand in EU neighboring countries [Accessed 01.06.2022].

2. Kureková L.M., Beblavý M. and Thum-Thysen A., Using online vacancies and web surveys to analyse the labor market: a methodological inquiry // IZA Journal of Labor Economics. – 2015, Vol. 4, #18. <https://doi.org/10.1186/s40172-015-0034-4>.

3. [Electronic resource] <https://www.readkong.com/page/understanding-online-job-ads-data-5416551> Carnevale A.P., Jayasundera T., Repnikov D. Understanding online job ads data. A technical report [accessed 07/12/2022].

4. Riccero M. Sustainable development and new forms of work. A scenario of common, basic challenges for public and private players // International Labour Forum – Academic Discussion "Employment and the Labor Market: Contours of De-Standardisation". St. Petersburg, 23 April 2021. Living Standards of the Population in the Regions of Russia. – 2021, Vol. 17, no. 4. P.462...477.

5. [Electronic resource] https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--ed_emp/--emp_ent/documents/publication/wcms_759330.pdf The feasibility of using big data in anticipating and matching skills needs – International Labor Office – Geneva: ILO [Accessed 14.07.2022].

6. [Electronic resource] <https://www.cedefop.europa.eu/en/data-visualisations/skills-online-vacancies> Cedefop, Skills-OVATE: Skills Online Vacancy Analysis Tool for Europe [accessed 14.07.2022].

7. [Electronic resource] <https://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/publications/4172> Cedefop, Online job vacancies and skills analysis: a

Cedefop pan-European approach [accessed 14.07.2022].

8. [Electronic resource] <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/36947/Indonesia-s-Online-Vacancy-Outlook-From-Online-Job-Postings-to-Labor-Market-Intelligence-2020.pdf> Indonesia's online vacancy outlook. From online job posting to labor market intelligence. 2020 International Bank of Reconstruction and Development [accessed 14.07.2022].

9. Vankevich A., Kalinouskaya I. Better understanding of the labor market using Big Data // *Ekonomia i pravo. economics and law.* – 2021, Vol. 20 No. 3. P.677...692.

10. [Electronic resource] https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_50202/ Belarus in Figures, 2022. Stat. reference book, National Statistical Committee of the Republic of Belarus [accessed 19.07.2022].

11. [Electronic resource] https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_18061/ Labor and employment in the Republic of Belarus, 2020. Stat. collection, National Statistical Committee of the Republic of Belarus [accessed 07/19/2022].

12. [Electronic resource] <https://thinktanks.by/publication/2022/05/01/belstat-ozvuchil-chislennost-belorusskih-trudyaschihsya.html> Employment of the population in

the Republic of Belarus in 2021 (based on sample survey materials). Minsk, National Statistical Committee of the Republic of Belarus [accessed 20.07.2022].

13. Vankevich E.V., Kalinovskaya I.N., Zaitseva O.V. Methodological aspects of the analysis of seasonal changes in the labor market, based on artificial intelligence technologies // *Economic Bulletin of the University: Grigory Skovoroda University in Pereyaslavl.* - 2021, No. 49. S. 7 ... 15.

14. [Electronic resource] [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=EDU/WKP\(2020\)19&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=EDU/WKP(2020)19&docLanguage=En) What skills do employers seek in graduates? Using online job posting data to support policy and practice in higher education OECD. Education Working Paper No. 231 By Nora Brüning (OECD) and Patricia Mangeol (OECD) [accessed 22.07.2022].

15. Vankevich A., Kalinouskaya I., and Zaitseva O. Assessment of demand for personnel in textile industry on the basis of data analysis of online job portals // *International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI-2021).* - 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0078827>.

Рекомендована кафедрой менеджмента. Поступила 04.10.

УДК 675.6.01

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_38

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДРАПИРУЕМОСТИ ОВЧИННОГО ПОЛУФАБРИКАТА

FORECASTING OF DRAPERY OF SHEEPSKIN SEMI-FINISHED PRODUCT

Е.Н. БОРИСОВА¹, Ж.Ю. КОЙТОВА², В.А. ТИМЧЕНКО²

E.N. BORISOVA¹, J.U. KOYTOVA², V.A. TIMCHENKO²

(Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица,

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(St. Petersburg State Academy of Art and Design named after A. L. Stieglitz,

St. Petersburg state University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: borisoffa@mail.ru

Овчинный полуфабрикат, исторически применяемый для изготовления одежды, в настоящее время значительно видоизменился благодаря применению новых технологий выделки и отделки кожевой ткани и волосяного покрова, а использование его как двухстороннего материала открывает большие возможности при проектировании современной и удобной одежды, которое требует знания свойств материала. Предложено использовать термин "драпируемость" для оценки свойств мехового полуфабриката, разработан неразрушающий метод оценки его драпируемости. Проведены исследования драпируемости различных видов овчинного полуфабриката, имитируя положение волосяного покрова в изделии в процессе эксплуатации. Для оценки предложено ввести показатели: коэффициент драпируемости кожевой ткани ($K_{др}^{КТ}$) и коэффициент драпируемости с учетом волосяного покрова ($K_{др}^{ВП}$). Установлено, что расположение волосяного покрова оказывает влияние на драпируемость. Значимыми факторами, влияющими на драпируемость овчинного полуфабриката, являются толщина кожевой ткани, уплотнение и густота волосяного покрова. Найдены математические зависимости для расчета коэффициента драпируемости кожевой ткани и коэффициента драпируемости с учетом волосяного покрова по показателям структурных характеристик овчинного полуфабриката, которые могут быть использованы для прогнозирования драпируемости на этапе проектирования изделий.

Historically used for clothing, semi-finished sheepskin has significantly changed nowadays due to new technologies applied for manufacturing and finishing leather fabric and hair side. The use of semi-finished sheepskin as a two-sided material has

great design possibilities for modern and comfortable clothes, though such design requires knowledge of the properties. It is hereby proposed to use the term "drapability" to evaluate the properties of semi-finished fur product, and nondestructive evaluation method of the drapability was developed. Drapability of various types of semi-finished sheepskin was tested by simulating the hair behavior in service. For better evaluation it is proposed to introduce the coefficient of leather fabric drapability and the coefficient of drapability taking into account the hair. It is found that location of the hair affects the drapability. The significant factors affecting the drapability of semi-finished sheepskin are thickness of the leather fabric, the hair densification and density. The mathematical relationships are found to calculate the coefficient of leather fabric drapability and the coefficient of drapability taking into account the hair based on the indices of the structural characteristics of semi-finished sheepskin, which can be used to predict the drapability at the stage of product design.

Ключевые слова: овчинный полуфабрикат, драпируемость, неразрушающий метод оценки, коэффициент драпируемости, кожаная ткань, волосяной покров, свойства, математическая зависимость.

Keywords: semi-finished sheepskin, drapability, nondestructive evaluation method, coefficient of drapability, leather fabric, hair side, properties, mathematical relationship.

Анализ потребительских предпочтений показывает, что в настоящее время верхняя одежда из овчины занимает второе место среди основных групп по видам меха [1]. Дизайнеры все чаще обращают внимание на данный материал при создании своих коллекций. Это обусловлено значительными изменениями ассортимента овчинного полуфабриката, достигнутого благодаря применению новых технологий выделки и отделки кожаной ткани и волосяного покрова [2].

Возможность использования овчины как двухстороннего материала открывает большие возможности при проектировании современной и удобной одежды, применяя разнообразные крои, различные цветовые и отделочные решения кожаной ткани и волосяного покрова. Создаются меховые изделия, в проектировании которых используются драпировки.

В материаловедении производств текстильной промышленности под термином "драпируемость" понимается способность материала образовывать складки под действием собственной массы. Традиционно этот термин применялся к различным текстильным материалам, для оценки драпиру-

емости разработаны различные методы, определены показатели, влияющие на драпируемость текстильных материалов. Для оценки пушно-меховых полуфабрикатов, как правило, применяют понятия "пластичность", "мягкость", которые оцениваются органолептически, что носит субъективный характер, не позволяет получить точные количественные значения, прогнозировать свойства. В работе [3] предпринята попытка исследования драпируемости меховых шкурок на основе метода оценки драпируемости искусственного меха.

Современные меховые полуфабрикаты при определенных операциях выделки и отделки по ряду своих свойств приближаются к свойствам текстильных материалов [4], [5]. Поэтому предложено термин "драпируемость" использовать для оценки свойств меховых полуфабрикатов.

Экспериментальные методы оценки драпируемости текстильных материалов не могут напрямую быть применены для исследования драпируемости пушно-меховых и овчинных полуфабрикатов, так как в своем большинстве являются разрушающими, что для меховых полуфабрикатов представляется нерациональным из-за их

дороговизны, а существующие расчетные методы для текстильных материалов основаны на структурных характеристиках полотен, что также исключает их применение.

Предложен неразрушающий метод для оценки драпируемости меховых полуфабрикатов – "метод угла", где в качестве количественного показателя оценки драпируемости предложено использовать "коэффициент драпируемости" (Кдр, %) [6].

Суть метода заключается в расположении шкуры на специально разработанной установке (рис.1: а – схема установки; б – схема разметки шкуры; в – расположение шкуры на установке, г – измерение угла с помощью виртуального транспорта, где 1 – статичная вертикальная опора; 2 – заост-

ренный наконечник статичной вертикальной опоры; 3 – динамичная вертикальная площадка для размещения шкуры с нанесенной разметкой; 4 – болт для регулировки динамичной вертикальной площадки; 5,6 – веб-камера), которая представляет собой вертикальную стойку, перемещающийся относительно этой стойки подвижный столик и две веб-камеры. Для подготовки к испытанию на шкуре проводится разметка в продольном и поперечном направлениях для установления условного центра. Линия ХУ проходит вдоль линия хребта и является продольным направлением, перпендикулярная линии ХУ и пересекающая ее в точке условного центра О – линия АВ обозначает поперечное направление (рис. 1-б).

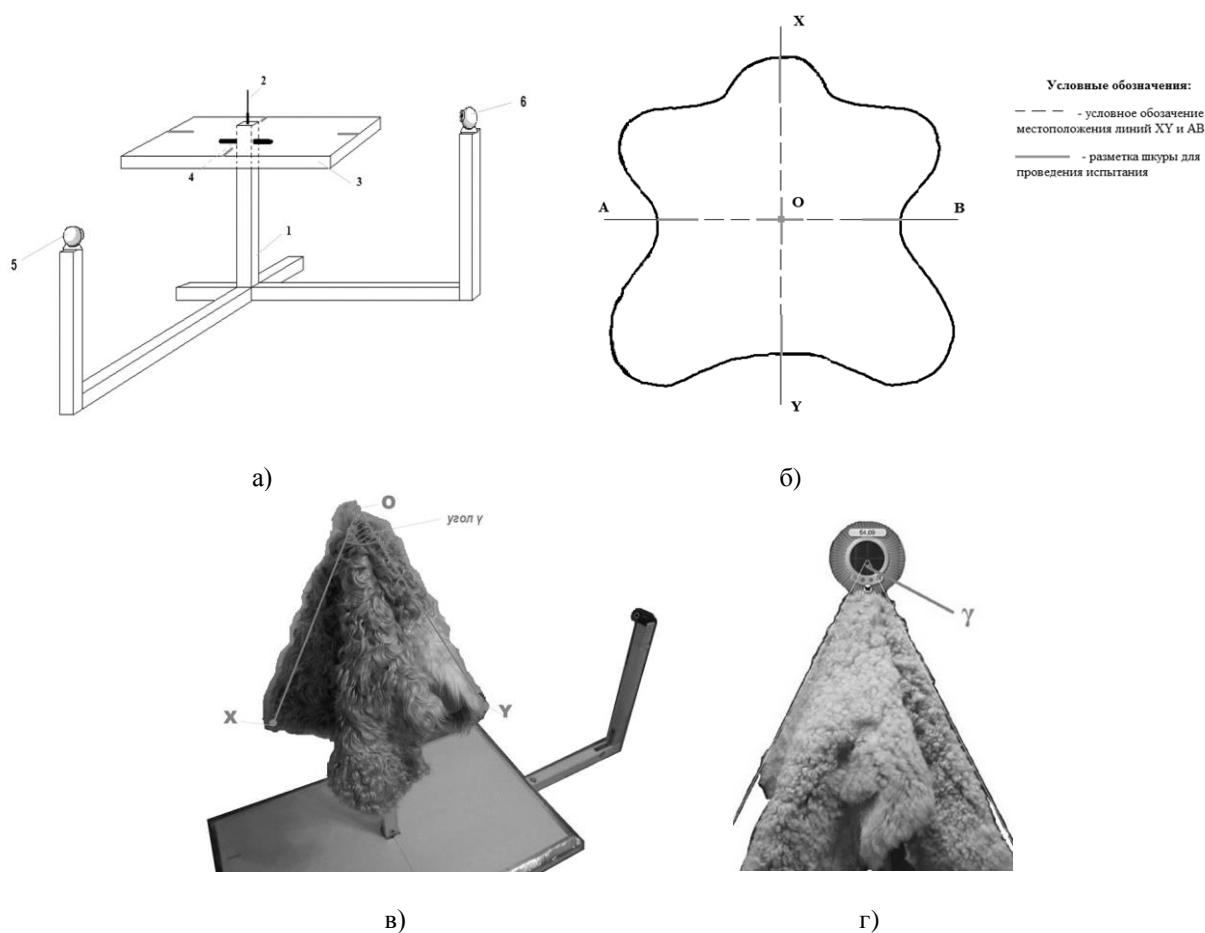


Рис. 1

Шкуру размещают на столике, совмещая условный центр О и накалывая его на заостренный наконечник, опускают подвижный стол, и оставляют шкуру в свободном состоянии на 5...10 мин. Замеряют

углы, вершиной которых является центр шкуры О, а сторонами – лучи, соответствующие линии хребта ХУ и поперечной разметке шкуры линии АВ относительно линии хребта (рис. 1-в, г).

Расчет драпируемости осуществляется по формулам (1)...(3):

- коэффициент драпируемости в продольном направлении шкуры относительно линии хребта

$$K_{др.\gamma} = ((180 - \gamma)/180) \cdot 100, \quad (1)$$

где γ – угол, образованный лучами ОХ и ОУ согласно продольной разметки шкуры относительно линии хребта, °;

- коэффициент драпируемости в поперечном направлении шкуры относительно линии хребта

$$K_{др.\beta} = ((180 - \beta)/180) \cdot 100, \quad (2)$$

где β – угол, образованный лучами ОА и ОВ согласно поперечной разметки шкуры относительно линии хребта, °;

- коэффициент драпируемости шкуры

$$K_{др} = (K_{др.\gamma} + K_{др.\beta})/2. \quad (3)$$

Овчинный полуфабрикат один из немногих материалов для одежды, который может использоваться как волосяным покровом наружу, так и внутрь. В связи с этим оценку драпируемости разработанным методом предложено проводить при положении шкуры на установке кожей тканью вниз – драпируемость кожей ткани, которая оценивается коэффициентом драпируемости кожей ткани ($K_{др}^{КТ}$), и волосяным покровом вниз – драпируемость с учетом волосяного покрова, которая оценивается коэффициентом драпируемости с учетом волосяного покрова ($K_{др}^{ВП}$). Расчет данных коэффициентов проводится по формулам (1)...(3) отдельно на овчинах волосяным покровом вниз ($K_{др}^{ВП}$) и кожей тканью вниз ($K_{др}^{КТ}$). Данные условия эксперимента позволяют имитировать положение волосяного покрова в изделии в процессе эксплуатации.

В качестве объектов исследования взят овчинный полуфабрикат различных видов и разными свойствами. Проведена оценка драпируемости по разработанному методу, рассчитаны предложенные коэффициенты

драпируемости (табл. 1) и найдена разница значений коэффициентов драпируемости:

$$\Delta K_{др} = K_{др}^{КТ} - K_{др}^{ВП}, \quad (4)$$

где $\Delta K_{др}$ – разница значений коэффициентов драпируемости, %; $K_{др}^{КТ}$ – коэффициент драпируемости кожей ткани, %; $K_{др}^{ВП}$ – коэффициент драпируемости с учетом волосяного покрова, %.

Проведенные исследования показывают, что коэффициент драпируемости овчинного полуфабриката значительно изменяется при испытаниях овчин, расположенных на устройстве волосом вниз или кожей тканью вниз. При расположении кожей тканью вниз драпируемость определяется в большей степени свойствами кожей ткани. Найдена зависимость $K_{др}^{КТ}$ от толщины кожей ткани (рис. 2):

$$K_{др}^{КТ} = -59,379 t_{КТ} + 119,3, \quad (5)$$

где $K_{др}^{КТ}$ – коэффициент драпируемости кожей ткани, %; $t_{КТ}$ – толщина кожей ткани овчинного полуфабриката, мм.

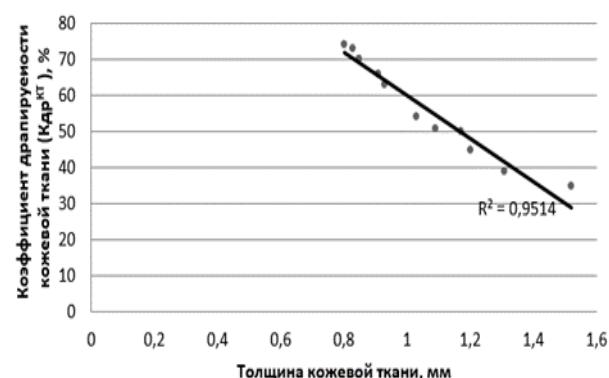


Рис. 2

При расположении шкуры волосяным покровом вниз драпируемость полуфабриката снижается, но анализ разницы значений коэффициентов драпируемости показывает, что она не является постоянной величиной (табл. 1). Поэтому можно предположить, что на драпируемость овчинного полуфабриката оказывают влияние как свойства кожей ткани, так и свойства волосяного покрова.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Вид полуфабриката	Площадь, дм ²	Толщина кожевой ткани $t_{кт}$, мм	Высота волосяного покрова $h_{ВП}$, мм	$K_{др}^{КТ}$, %	$K_{др}^{ВП}$, %	$\Delta K_{др}$, %
1	Овчина шубная степной породы овец	58,0	0,95	20	62,5	53,4	9,1
2	Овчина шубная степной породы овец	60,0	0,96	20	63,2	61,6	1,6
3	Овчина шубная русской породы овец	50,0	0,97	20	63,4	62,6	0,8
4	Овчина шубная русской породы овец	55,0	0,93	20	63,3	63,3	0
5	Овчина шубная степной породы овец	56,0	0,92	15	62,7	56,0	6,7
6	Овчина меховая двусторонняя	22,4	0,90	25	70,0	66,0	4,0
7	Меховой велюр	34,0	0,91	32	70,0	70,0	0
8	Меховой велюр	22,4	0,89	35	66,0	65,0	1,0
9	Меховой велюр	34,0	0,75	40	73,0	70,0	3,0
10	Овчина меховая двусторонняя	36,8	0,80	57	74,0	59,0	15,0
11	Овчина шубная романовской породы овец	46	1,01	18	63,0	63,0	0
12	Овчина обувная	53	1,03	10	70,0	69,0	1,0

Оценку свойств волосяного покрова, влияющих на значения $\Delta K_{др}$, предложено провести по показателям: высота волосяного покрова, извитость волоса, уплотнение, несминаемость и густота волосяного покрова (табл. 2), как наиболее часто при-

меняемых для характеристики свойств волосяного покрова. Расчет показателей извитость волоса, уплотнение, несминаемость и густота волосяного покрова проведены по методам, предложенным в [7], [8].

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Высота волосяного покрова $h_{ВП}$, мм	Извитость волоса I_v , %	Несминаемость волосяного по- крова $K_{несм}$, %	Уплотнение во- лосяного покрова $\sigma_{увп}$, мм	Густота волося- ного покрова $\Gamma_{ВП}$, шт/см ²
1	20	33	75	15	29 727
2	20	33	50	10	15 625
3	20	33	50	10	12 346
4	20	33	50	10	10 000
5	15	50	87	13	26 015
6	25	0	50	5	25 195
7	32	0	41	7	12 346
8	35	0	63	10	13 841
9	40	0	50	5	22 277
10	57	24	47	27	34 294
11	18	55	22	4	14 516
12	10	0	70	7	15 625

Для оценки влияния указанных свойств волосяного покрова использован метод многомерного анализа. Для этого построена матрица значений парных коэффициен-

тов корреляции r_{xy} (табл. 3) между результативным показателем $Y(\Delta K_{др})$ и факторами X_i (показателями свойств волосяного покрова).

	X1	X2	X3	X4	X5
	$h_{ВП}$, мм	$I_{в}$, %	$K_{несс}$, %	$\sigma_{увп}$, мм	$\Gamma_{ВП}$, шт/см ²
Y($\Delta K_{др.ст}$)	0,54	0,15	0,32	0,86	0,94
X1	-	-0,35	-0,28	0,54	0,43
X2	-	-	-0,03	0,23	0,06
X3	-	-	-	0,27	0,35
X4	-	-	-	-	0,64

Значимость влияния факторов определялась исходя из значений коэффициента корреляции r_{xy} по модулю: если значение r_{xy} по модулю больше 0,85, то фактор оказывает существенное влияние. Анализ полученных данных показывает, что свойствами, значимо влияющими на показатель $\Delta K_{др}$, являются уплотнение и густота волосяного покрова.

Зависимость между показателем $\Delta K_{др}$ и потенциально влияющими на него свойствами волосяного покрова (X) может быть представлена в виде уравнения:

$$\Delta K_{др} = b_0 + b_1 \sigma_{увп} + b_2 \Gamma_{ВП}, \quad (6)$$

где $\Delta K_{др}$ – разница значений коэффициентов драпируемости, %; $\sigma_{увп}$ – уплотнение волосяного покрова, мм; $\Gamma_{ВП}$ – густота, шт/см²; b_0, b_1, b_2 – коэффициенты уравнения.

Найдены значения коэффициентов b_0, b_1, b_2 :

$$\Delta K_{др} = -7,25 + 0,33 \sigma_{увп} + 0,00038 \Gamma_{ВП}. \quad (7)$$

Положительные значения коэффициентов b_1 и b_2 говорят о том, что возрастание показателей уплотнения волосяного покрова и его густоты приводит к возрастанию значения $\Delta K_{др}$ и, как следствие, уменьшению показателя драпируемости кожи с учетом волосяного покрова $K_{др}^{ВП}$.

Таким образом, драпируемость овчинного полуфабриката с учетом волосяного покрова и формул (4) и (5) может быть определена:

$$K_{др}^{ВП} = 126,55 - 59,379 t_{кт} - 0,33 \sigma_{увп} - 0,00038 \Gamma_{ВП}, \quad (8)$$

где $K_{др}^{ВП}$ – коэффициент драпируемости кожи с учетом волосяного покрова; $t_{кт}$ –

толщина кожной ткани, мм; $\sigma_{увп}$ – уплотнение волосяного покрова, мм; $\Gamma_{ВП}$ – густота волосяного покрова, шт/см².

Полученные математические зависимости (5) и (8) позволяют рассчитывать драпируемость овчинного полуфабриката по его структурным характеристикам без проведения экспериментальных исследований. Полученные данные по показателям драпируемости могут быть использованы на этапе проектирования изделий [8].

В Ы В О Д Ы

1. На основе разработанного неразрушающего метода проведена оценка драпируемости разных овчинных полуфабрикатов при расположении кожи при испытании волосяным покровом внутрь и наружу. Для количественной оценки драпируемости введены показатели: коэффициент драпируемости кожной ткани ($K_{др}^{КТ}$), коэффициент драпируемости с учетом волосяного покрова ($K_{др}^{ВП}$) и разница значений коэффициентов драпируемости ($\Delta K_{др}$).

2. Установлено, что на драпируемость овчинного полуфабриката наибольшее влияние оказывает толщина кожной ткани и уплотнение и густота волосяного покрова. Определены математические зависимости между данными показателями и показателем разницы значений коэффициентов драпируемости ($\Delta K_{др.ст}$).

3. Найдены математические зависимости для расчета коэффициента драпируемости кожной ткани и коэффициента драпируемости с учетом волосяного покрова по характеристикам кожной ткани и волосяного покрова овчинного полуфабриката, которые могут быть использованы для прогнозирования драпируемости на этапе проектирования изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусева М.А., Зарецкая Г.П., Петросова И.А., Гончарова Т.Л., Мезенцева Т.Л., Андреева Е.Г. Исследование рынка меховых изделий в России // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. Т. 19, № 6. С. 102...107.
2. Муравская Н.Н., Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю. Ассортимент, свойства и оценка качества кож и овчинных полуфабрикатов с различными видами отделки поверхности. – Кострома. КГТУ, 2015.
3. Стрелетова О.А., Викторова Н.С., Новиков М.В. Драпируемость различных видов пушно-мехового полуфабриката // Швейная промышленность. – 2014, №5. С. 36...39.
4. Шапочка Н.Н., Койтова Ж.Ю., Борисова Е.Н. Анализ диаграмм растяжения различных овчинных полуфабрикатов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С.17...20.
5. Борисова Е.Н., Муравская Н.Н., Койтова Ж.Ю. Сравнительный анализ свойств материалов для верхней одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С.21...25.
6. Патент 2582983 на изобретение РФ 27.04.2016. Борисова Е.Н., Тимченко В.А., Койтова Ж.Ю. Способ определения драпируемости меховых и кожевенных полуфабрикатов.
7. Рассадина С.П. Разработка методов оценки и исследование геометрических и оптических свойств волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2002.
8. Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю. Совершенствование проектирования изделий из овчинного полуфабриката на основе оценки несминаемости волосяного покрова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С. 141...146.

REFERENCES

1. Guseva M.A., Zaretskaya G.P., Petrosova I.A., Goncharova T.L., Mezentseva T.L., Andreeva E.G. Mar-

ket research of fur products in Russia // Bulletin of Kazan Technological University. – 2016, T 19, № 6. P.102...107.

2. Muravskaya N.N., Borisova E.N., Koytova Zh.Yu. Assortment, properties and quality assessment of leather and sheepskin semi-finished products with various types of surface finishing. – Kostroma. KSTU. 2015.

3. Strelotova O.A., Viktorova N.S., Novikov M.V. Drapability of various types of fur semi-finished products // Sewing industry. - 2014, № 5. P. 36...39.

4. Shapochka N.N., Koytova Zh.Yu., Borisova E.N. Analysis of stretching diagrams of various sheepskin semi-finished products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2010, № 5. P.17...20.

5. Borisova E.N., Muravskaya N.N., Koytova Zh.Yu. Comparative analysis of the properties of materials for outerwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2013, № 4. P.21...25.

6. Patent 2582983 for the invention of the Russian Federation 27.04.2016. Borisova E.N., Timchenko V.A., Koytova Zh.Yu. A method for determining the drapability of fur and leather semi-finished products.

7. Rassadina S.P. Development of evaluation methods and research of geometric and optical properties of the hair cover of fur-fur semi-finished products: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences.: Spec. 05.19.01 / Rassadina Svetlana Pavlovna; Kostrom. gos. technol. un-t. – Kostroma, 2002.

8. Borisova E.N., Koytova Zh.Yu. Improving the design of sheepskin semi-finished products based on the assessment of the indelibility of the hair cover // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 5. P. 141...146.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. Поступила 14.09.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЦИКЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХИРУРГИЧЕСКИХ ШОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

SINGLE CYCLE CHARACTERISTICS STUDY SURGICAL SUTURE MATERIALS

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

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

(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

К частым механическим факторам, которые действуют на хирургические шовные материалы в процессе их использования, относятся компоненты деформации при растяжении, так как при хирургических операциях нить натягивается с усилием, обеспечивающим надежное стягивание краев раны. В работе проведено исследование одноцикловых характеристик хирургических шовных материалов. В качестве объектов исследования были выбраны плетеные и крученые синтетические хирургические нити. Одноцикловые характеристики нитей определялись при однократном осуществлении испытательного цикла "нагрузка – разгрузка – отдых". Для определения компонентов деформации при одноцикловой нагрузке применялся метод, который основан на наблюдении за изменением деформации при постоянной нагрузке. Для измерений применялся релаксометр.

The frequent mechanical factors affecting surgical suture materials during their use include components of tensile deformation, since during surgical operations the thread is pulled with a force that ensures reliable contraction of the wound edges. In the work, a study of single-cycle characteristics of surgical suture materials was carried out. Braided and twisted synthetic surgical threads were chosen as the objects of study. The single-cycle characteristics of the threads were determined during a single test cycle "load - unload - rest". To determine the strain components under a single-cycle load, a method based on observing the change in strain under a constant load was used. A relaxometer was used for measurements.

Ключевые слова: хирургические шовные материалы, одноцикловые характеристики, метод испытаний, линейная плотность нитей, компоненты деформации.

Keywords: surgical suture materials, single-cycle characteristics, test method, linear thread density, strain components.

При проведении хирургических операций важен процесс заживления раны, что обеспечивается плотным соединением краев путем скрепления их хирургическими

шовными материалами с усилием, обеспечивающим постоянное натяжение.

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...10].

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

Т а б л и ц а 1

№	Артикул нити	Наименование изделия	Способ формирования нити
1	019/02	Нить полиэфирная с фторполимерным покрытием, окрашенная	Плетеная
2	019/04	Нить полиэфирная с фторполимерным покрытием, окрашенная	Плетеная
3	019/11	Нить полиамидная с фторполимерным покрытием, окрашенная	Крученая
4	019/14	Нить полиамидная с фторполимерным покрытием, окрашенная	Крученая
5	019/15	Нить полиамидная с фторполимерным покрытием, неокрашенная	Плетеная

Фторполимерное покрытие делает хирургический узел более надежным, создает атравматичность при прохождении через ткани, минимизирует пылящий и капиллярный эффект, повышает биосовместимость.

Чаще всего представленные нити рекомендуется использовать в общей хирургии, ортопедии, травматологии и сердечно-сосудистой хирургии.

Одной из основных характеристик строения нитей является линейная плотность.

Линейная плотность нитей определялась по ГОСТ 6611.1. При помощи весов аналитического типа "Сарториус" была измерена масса образцов нитей длиной 1 м с погрешностью взвешивания 0,0001 г. Для определения изменения линейной плотности в мокром состоянии образцы погружались в физиологический раствор до полного намокания. Результаты измерения линейной плотности приведены в табл. 2 [11].

Т а б л и ц а 2

Артикул нити	Линейная плотность нити в сухом состоянии, текс	Линейная плотность нити в мокром состоянии, текс
019/02	50	70
019/04	160	210
019/11	130	200
019/14	60	80
019/15	140	200

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

Характеристики скрученности нитей определялись по ГОСТ 6611.3.

Результаты измерений представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Артикул нити	Фактическое число кручений нитей, кр/м	Коэффициент крутки	Направление крутки
019/11	27	28	S
019/14	29	36	S

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 артикула 019/11.

Одноцикловые характеристики нитей определялись при однократном осуществлении испытательного цикла "нагрузка – разгрузка – отдых".

К частым механическим факторам, которые действуют на нити в процессе их переработки и использования, относится деформация.

Для определения компонентов деформации при одноцикловой нагрузке применялся метод, который основан на наблюдении за изменением деформации при постоянной нагрузке. Для измерений применялся релаксометр.

Все измерения проводили через равные промежутки времени с нагрузкой и после снятия нагрузки, результаты записывались через каждые 15 мин (табл. 4, рис. 1). Длина нити составила 50 см, нагрузка – 25% от разрывной.

Т а б л и ц а 4

Артикул нити	Длина нити, см									
	под нагрузкой в момент времени, мин				разгрузка	после снятия нагрузки в момент времени, мин				
	15	30	45	60	60	75	90	105	120	
019/02	50,3	50,5	50,7	51,0	50,6	50,3	50,3	50,1	50,05	
019/04	50,4	50,6	51,0	51,2	50,8	50,5	50,4	50,3	50,1	
019/11	50,2	50,7	52,5	55,0	53,0	52,5	52,0	52,0	51,0	
019/14	50,1	50,2	50,3	50,4	50,3	50,2	50,1	50,1	50,1	
019/15	50,5	51,0	51,3	51,5	51,1	50,8	50,5	50,4	50,3	

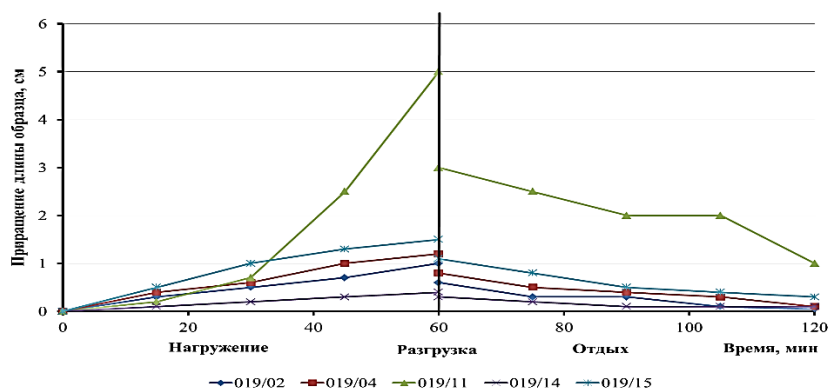


Рис. 1

В табл. 5 приведены результаты расчета де-

формации хирургических шовных материалов.

Т а б л и ц а 5

Вид деформации	Артикул нити				
	019/02	019/04	019/11	019/14	019/15
Быстрообратимая деформация (упругая) ℓ_v , см	0,60	0,80	3,00	0,30	1,10
Быстрообратимая деформация, %	0,60	1,00	1,40	2,00	1,20
Доля быстрообратимой деформации	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Медленнообратимая деформация (эластическая) ℓ_s , см	0,55	0,70	2,00	0,20	0,80
Медленнообратимая деформация, %	1,10	1,40	4,00	0,40	1,60
Доля медленнообратимой деформации	0,46	0,44	0,33	0,33	0,36

Остаточная деформация (пластическая) ϵ_p , см	0,05	0,10	1,00	0,10	0,30
Остаточная деформация, %	0,10	0,20	2,00	0,20	0,60
Доля остаточной деформации	0,04	0,06	0,17	0,17	0,14
Полная деформация ϵ , см	1,20	1,60	6,00	0,60	2,20
Полная деформация, %	2,40	3,20	12,00	1,20	4,40

Анализируя результаты определения одноцикловых характеристик, видим, что наибольшее изменение длины произошло у образца арт. 019/11. Он вытянулся под нагрузкой на максимальную величину. Во время отдыха у данного образца в большей степени проявилась пластическая деформация, то есть он вытянулся, но в исходное состояние не вернулся.

Меньше всего под нагрузкой вытянулся образец арт. 019/14, также у этого образца пластическая деформация является практически минимальной. Образец арт. 019/02 имеет самую минимальную пластическую деформацию, то есть под нагрузкой он вытянулся ненамного, но после снятия нагрузки он показал самую минимальную пластическую деформацию и практически вернулся в свое первоначальное состояние.

Эластическая деформация, появившаяся в момент снятия нагрузки, у образца арт. 019/11 является наибольшей. Образец арт. 19/14 имеет наибольшую эластическую деформацию.

Исходя из данного анализа одноцикловых характеристик хирургических шовных материалов, можно сделать вывод о том, что для использования во время операций лучше применять нить арт. 19/04, это нить полиэфирная плетеная с фторполимерным покрытием, а худшей будет нить арт. 19/11, нить полиамидная крученая с фторполимерным покрытием.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31620. Материалы хирургические шовные. Общие технические требования. Методы испытаний.

2. Осипова Л.И., Курденкова А.В., Буланов Я.И. Классификация и эксплуатационные свойства хирургических шовных материалов // Сб. научн. тр. по итогам Междунар. научн.-практ. заочной конф.: Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области ин-

клюзивного дизайна и технологий. – М., 2020. С.120...123

3. 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.

4. 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. – Vol.52. 2021. P.394...399.

8. Кузнецов О.Ю., ШUTOва Т.А., Старшова А.В., Наваррская И.А., Головлев М.Г. Методика оценки антимикробного действия волокнистых 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. – Vol. 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. – Vol. 100. 2019. P.131...137.

11. Осипова Л.И., Ануфриева М.Ф., Курденкова А.В., Винокурова Т.И., Буланов Я.И., Люкишинова И.В., Маркова К.А. Исследование прочности различных видов узлов хирургических шовных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, №5. С. 53...58.

REFERENCES

1. GOST 31620. Surgical suture materials. General technical requirements. Test Methods.
2. Osipova L.I., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I. Classification and operational properties of surgical suture materials // Concepts, theory, methods of fundamental and applied scientific research in the field of inclusive design and technologies. Collection of scientific papers based on the results of the International Scientific and Practical Correspondence Conference. – Moscow, 2020. P. 120...123.
3. Osipova L.I., Kurdenkova A.V. Analysis of the range and properties of surgical suture materials // In the collection: Design, technology and innovation in the textile and light industry (INNOVATION-2020). Collection of materials of the International Scientific and Technical Conference. – 2020. P. 60...63.
4. Osipova L.I., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I., Vinokurova T.I. Evaluation of the quality of surgical suture materials // Design and technology. – 2020. № 75 (117). P. 59...63.
5. Osipova L.I., Kurdenkova A.V. The main characteristics of suture materials // In the collection: Actual problems of expertise, technical regulation and confirmation of conformity of textile and light industry products. Collection of works following the results of the Round Table with international participation. – 2021. P.54...57.
6. Osipova L.I., Anufrieva M.F., Kurdenkova A.V. Study of the physical and mechanical properties of surgical suture materials // In the collection: Innovative development of technology and technology in industry. Collection of materials of the All-Russian scientific conference of young researchers with international participation. – Moscow, 2021. P. 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 // Fiber Chemistry. – Vol. 52. 2021. P. 394...399.
8. Kuznetsov O.Yu., Shutova T.A., Starshova A.V., Navarrskaya I.A., Golovlev M.G. Methodology for assessing the antimicrobial action of fibrous materials in screening studies // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 3. P. 71...74.
9. Lang Xu, Qian Liu Real-time inextensible surgical thread simulation // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. – Vol. 13. 2018. P.1019...1035.
10. ManasDatta Roy, Subrata Ghosh, Ayushi Yadav & SomsubhraDatta Roy Effect of Coefficient of Friction and Bending Rigidity on Handling Behavior of Surgical Suture // Journal of The Institution of Engineers (India): Series E. – Vol. 100. 2019. P. 131...137.
11. Osipova L.I., Anufrieva M.F., Kurdenkova A.V., Vinokurova T.I., Bulanov Ya.I., Lyukshinova I.V., Markova K.A. materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №5. P. 53...58.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ имени А.Н.Косыгина. Поступила 03.10.22.

УДК 677.02 : 621.315.4
DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_49

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА СЛОЕВ ТКАНИ НА ЭКРАНИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ЭКРАНОВ

EFFECT OF THE NUMBER OF FABRIC LAYERS ON THE SHIELDING PROPERTIES OF ELECTROMAGNETIC TEXTILE SCREENS

Д.Б.РЫКЛИН, О.А.ДУБРОВСКАЯ, Д.И.КВЕТКОВСКИЙ, С.Э.САВАНОВИЧ

D.B. RYKLIN, O.A. DUBROUSKAYA, D.I. KVETKOVSKY, S.E. SAVANOVICH

**(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь)**

**(Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus,
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus)**

E-mail: ryklin-db@mail.ru; olgadubrovskaya0279@gmail.com; 2950107@gmail.com; svetasav@bsuir.by

Разработка тканей с экранирующими и антистатическими свойствами является одним из наиболее перспективных направлений развития ассортимента текстильных материалов технического назначения. Целью данной

работы является оценка влияния количества слоев тканей, содержащих в своем составе стальные волокна Bekinox и углеродно-полиэфирные нити Nega-Stat, на их экранирующие свойства. В качестве объекта исследований использовались образцы опытных тканей, содержащих антистатические нити разного вида, двухслойные и четырехслойные пакеты, сформированные из опытных тканей. Для экспериментальных образцов тканей и пакетов определены значения коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения в частотном диапазоне от 0,7 до 17 ГГц. Оценены возможности использования разработанных материалов при создании экранирующих текстильных экранов. Установлено, что в диапазоне до 3 ГГц может быть рекомендован пакет из 4 слоев ткани, содержащий стальные волокна Bekinox, который характеризуется эффективностью снижения мощности электромагнитного излучения 99,9%. Для работы в диапазоне сверхвысоких частот может быть рекомендован четырехслойный пакет ткани с содержанием 10% стальных волокон Bekinox в сочетании с углеродно-полиэфирными нитями Nega-Stat с эффективностью снижения мощности электромагнитного излучения 97,5%.

The development of fabrics with shielding and antistatic properties is one of the most promising areas for the development of a textiles assortment for technical application. The aim of this work is to evaluate the effect of the number of fabrics layers containing steel fibers Bekinox and yarns Nega-Stat on their shielding properties. We used samples of experimental fabrics containing antistatic threads of various types, two-layer and four-layer assemblies of experimental fabrics as an object of research. For experimental samples of fabrics and assemblies, the values of the coefficients of reflection and transmission of electromagnetic radiation in the frequency range from 0.7 to 17 GHz were determined. The possibilities of using the developed materials in the creation of shielding textile screens are evaluated. It has been established that the assembly of 4 layers of fabric containing steel fibers Bekinox can be recommended for use in the range of electromagnetic radiation up to 3 GHz. Its efficiency of reducing the power of radiation is 99.9%. For use in the microwave range a four-layer fabric assembly containing Bekinox steel fibers in combination with Nega-Stat yarns with the efficiency of reducing the power of electromagnetic radiation of 97.5% can be recommended.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, экранирующая ткань, Bekinox, Nega-Stat, антистатическая нить, коэффициенты отражения и передачи.

Keywords: electromagnetic radiation, shielding fabric, Bekinox, Nega-Stat, antistatic thread, reflection and transmission coefficients.

Экранирование электромагнитных полей (ЭМП) является актуальной задачей защиты здоровья, информационной безопасности, электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии жилых помещений, защиты помещений для серверов и электронного оборудования.

В настоящее время практически все население Земли в большей или меньшей

степени подвергается воздействию надфоновых уровней ЭМП [1]. Всемирная организация здравоохранения включила проблему электромагнитного загрязнения окружающей среды в перечень приоритетных проблем человечества.

За последние десятилетия существенно расширился рабочий диапазон частот, и возросли уровни мощности электромагнит-

ных полей, увеличилось число источников помех самой разнообразной природы. Спектр электромагнитных полей включает низкие частоты до 3 Гц, промышленные частоты в диапазоне 3...300 Гц, радиочастоты 30 Гц...300 МГц, а также относящиеся к радиочастотам ультравысокие частоты (УВЧ) 300 МГц...3 ГГц и сверхвысокие частоты (СВЧ) 3...30 ГГц.

Степень воздействия электромагнитных излучений (ЭМИ) на организм человека зависит от диапазона частот, интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительности облучения, характера излучения, режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела, индивидуальных особенностей организма, комбинированного действия совместно с другими факторами производственной среды (температура воздуха более +28°C, наличие рентгеновского излучения, шум и др.). Поэтому увеличение параметров ЭМП, значительно отличающихся от предельно-допустимых норм, может вызвать поражение сердечно-сосудистой, нервной, дыхательной и пищеварительной систем, изменения показателей крови, обмена веществ и некоторых функций эндокринных желез. Среди последствий электромагнитного загрязнения специалисты называют также нарушения поведения, потерю памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, синдром внезапной смерти у грудных детей, расстройства половой функции и другие серьезные патологические заболевания. По некоторым данным, значительная часть случаев инфаркта миокарда в крупных городах вызвана "скачками" мощных техногенных низкочастотных электромагнитных полей [2].

Для ослабления электромагнитных полей, а именно для того, чтобы исключить проникновение и воздействие таких полей на элементы, блоки, приборы, кабели, помещения, здания, а также для того, чтобы подавить исходящие из электрических и электронных промышленных средств и устройств помехи, обусловленные полями, применяются различные средства экранирования [3]. Традиционно для создания электромагнитного экрана или экранированного объема чаще применяются матери-

алы в виде стальных, медных, алюминиевых листов или фольги, а также современные гибкие композитные материалы в виде сетки, ткани или пленки. Чем выше удельная проводимость материала экрана, тем эффективнее экранирование.

Область применения электромагнитных экранов определяет предъявляемые к ним требования. Например, если электромагнитные экраны предполагаются для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронного оборудования, то они должны характеризоваться низкими значениями коэффициента отражения ЭМИ для того, чтобы в ходе своей эксплуатации они не являлись источниками пассивных электромагнитных помех для оборудования [4], при этом абсолютное значение коэффициента передачи должно быть высоким.

Одним из перспективных вариантов замены металлических экранов являются антистатические ткани, в структуру которых введены электропроводящие компоненты. Основными преимуществами использования тканей являются меньший расход металлов, гибкость текстильных полотен, воздухопроницаемость и легкость экрана в сравнении с металлическими листами. Ткани с высокой электропроводностью все чаще используются для защиты от электромагнитных помех и электростатической защиты в различных областях, таких как экраны для корпусов оборудования, защитная одежда для персонала, работающего в магнитных полях высокого напряжения или в радиочастотных, микроволновых средах, способные надежно защищать человека от вредного СВЧ- и УВЧ- воздействия; одежда с подогревом, экранирующие и заземляющие шторы, гибкие экранированные кофухи, халаты, чулки, ботинки и т. д.

Наибольший интерес для Республики Беларусь представляет использование в составе тканей антистатических нитей следующих видов:

- пряжа с вложением стальных волокон Bekinox[®] компании Bekaert [5], [6];
- углеродно-полиэфирная нить Nega-Stat[®] P210.

Nega-Stat P210 представляет собой комплексную нить, каждый из филаментов ко-

торой содержит трехлепестковый углеродный сердечник, защищенный от внешних воздействий полиэфирным покрытием. Причем для повышения антистатических свойств нитей и полотен с их содержанием углеродный сердечник выходит на поверхность в трех точках сечения филамента. Благодаря уникальной структуре нити Nega-Stat происходит рассеивание статического электричества, что предотвращает взрыв по причине скопления статического электричества [7].

Исследования, проводимые учеными разных стран, показали, что существенный эффект экранирования, превышающий 30 дБ, достигается при значительном содержании в составе тканей стальных волокон [8...10]. Так в статье [10] отмечается, что указанным значением характеризуется ткань, состоящая полностью из пряжи, содержащей 20 % стальных волокон. При формировании в структуре сетки из пряжи, содержащей 45 % стальных волокон, эффективность экранирования существенно снижается при увеличении размеров ячеек, создаваемых антистатическими нитями. В связи с высокой стоимостью инновацион-

ных видов текстильного сырья необходимо проведение комплекса исследований, направленных на определение путей снижения их содержания в ткани при достижении высоких значений требуемых показателей.

В качестве возможных направлений решения данной задачи является оценка возможности комбинирования в структуре тканей антистатических нитей разного вида, а также определение эффективности формирования из таких тканей пакетов материалов.

Целью данной работы является оценка влияния количества слоев тканей, содержащей в своем составе стальные волокна Bekinox, а также их сочетание с углеродно-полиэфирными нитями Nega-Stat, на их экранирующие свойства.

В табл. 1 представлены характеристики опытных образцов тканей, в структуре которых в виде сетки с прямоугольной ячейкой располагались антистатические нити, то есть пряжа с содержанием 10 % стальных волокон Bekinox и их сочетание с углеродно-полиэфирными нитями Nega-Stat.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	Образец 1		Образец 2	
	основа	уток	основа	уток
Вид и состав антистатической нити	хлопчатобумажная пряжа 25 текс×2, пряжа 20 текс × 2 (полиэфирное волокно – 90 %, Bekinox –10 %)		хлопчатобумажная пряжа 25 текс×2, пряжа 20 текс × 2 (полиэфирное волокно – 90 %, Bekinox –10 %)	хлопчатобумажная пряжа 25 текс×2, комбинированная нить 25,6 текс (Nega-Stat 5,6 текс, хлопок – 20 текс)
Плотность нитей в ткани, нит./1 см	17,4	18	17,4	18
Расстояние между антистатическими нитями, см	1,0	1,0	0,5	0,5

В условиях лаборатории кафедры защиты информации Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники наработанные ткани исследовались на их способность экранировать электромагнитное излучение.

Для исследования экранирующих характеристик данных тканей использовался панорамный измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01...18, состоящий

из блока обработки измерительных сигналов и блока генератора качающейся частоты (ГКЧ), работающий по принципу отдельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей, отраженной и прошедшей через ткань электромагнитной волны (ЭМВ). Излучение и прием ЭМВ обеспечивался с помощью антенн П6-23М в диапазоне частот 0,7...17,0 ГГц.

В результате испытаний опытных образцов тканей получены зависимости коэффициентов передачи и отражения тканей от частоты ЭМИ. Результаты испытаний образцов, представлены на рис. 1 (частотные

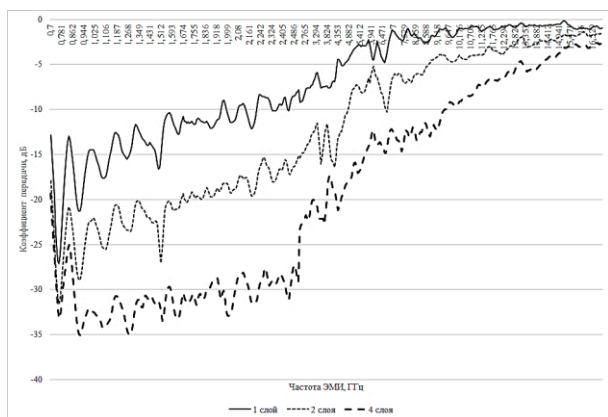


Рис. 1

Анализируя частотные зависимости значений коэффициентов передачи образца 1, испытанного в 1, 2 и 4 слоя, можно сделать следующие выводы.

1. Абсолютные значения коэффициента передачи повышаются с увеличением количества слоев тканей, содержащих в качестве электропроводящего компонента стальные волокна Векinox, и снижаются при повышении частоты ЭМИ.

2. Значение коэффициента передачи исследуемой ткани по модулю превышает 10 дБ в диапазоне частот от 0,7 до 2,2 ГГц, в то время как для двухслойного пакета данный диапазон расширен до 4,5 ГГц, а для четырехслойного – до 9,5 ГГц.

3. Наибольшим ослабляющим излучение эффектом характеризуется четырехслойный пакет, сформированный из тканей образца 1 в диапазоне частот от 1 до 2,5 ГГц. В данном диапазоне абсолютное значение коэффициента передачи ЭМИ в среднем составляет 31 дБ и не превышает 35 дБ, что соответствует снижению мощности ЭМИ на 99,97 %.

Полученные зависимости для образца 2 позволяют сделать следующие выводы.

1. Образец 2, испытанный в один слой, показал более существенную эффективность ослабления ЭМИ в диапазоне до 5,5

зависимости (диапазон частот 0,7...17,0 Гц) значений коэффициента передачи электромагнитного излучения образцов 1 (рис. 1) и 2 (рис. 2) от количества слоев).

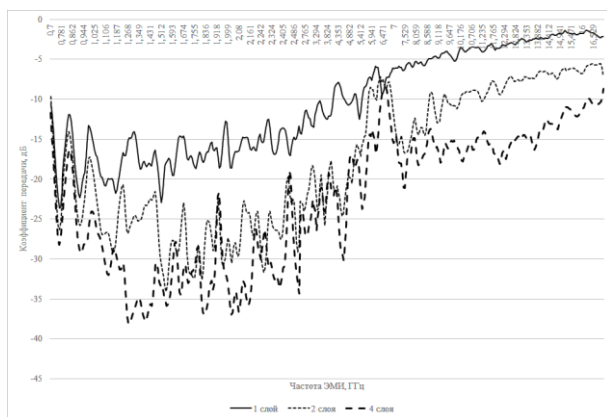


Рис. 2

ГГц по сравнению с образцом 1, что в значительной степени объясняется существенно большим долевым содержанием в его составе электропроводящих компонентов. Наиболее существенное ослабление ЭМИ достигается в частотном диапазоне от 0,7 до 2,5 ГГц, в котором значения коэффициента передачи в среднем по модулю составляют до 17 дБ, что соответствует ослаблению мощности излучения на 98 %.

2. В диапазоне от 1,0 до 2,5 ГГц существенное повышение степени ослабления ЭМИ наблюдается с увеличением количества слоев тканей в 2 раза, а дальнейшее увеличение количества слоев оказывает существенно меньший эффект.

3. Наибольший существенный результат от сложения ткани в четыре слоя заметен в диапазоне частот от 7 до 13,5 ГГц, в котором среднее значение коэффициента передачи по модулю составляет 16 дБ, что соответствует эффективности ослабления ЭМИ до 97,5 %. Для сравнения, в указанном диапазоне частот, пакет из двух слоев тканей образца 2 характеризуется абсолютными значениями коэффициента передачи в среднем 11 дБ (ослабление ЭМИ – 92 %), для одного слоя в пределах 2,4...6,4 дБ.

На рис. 3 и 4 показаны частотные зависимости (диапазон частот 0,7...17,0 Гц) зна-

чений коэффициента отражения образцов 1 (рис. 3) и 2 (рис. 4) от количества слоев. Вторым фактором, определяющим эф-

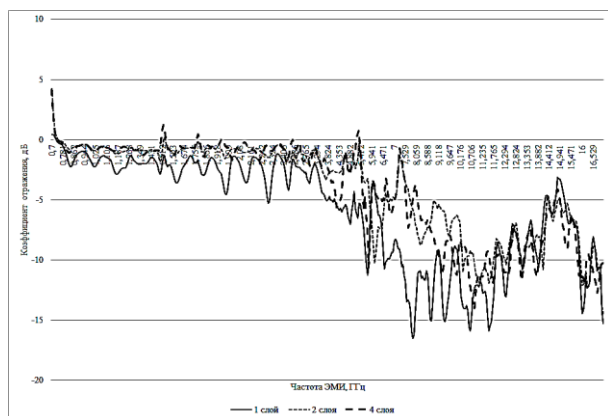


Рис. 3

фективность экранирования ЭМИ, является значение коэффициента отражения излучений в рабочем диапазоне частот экрана.

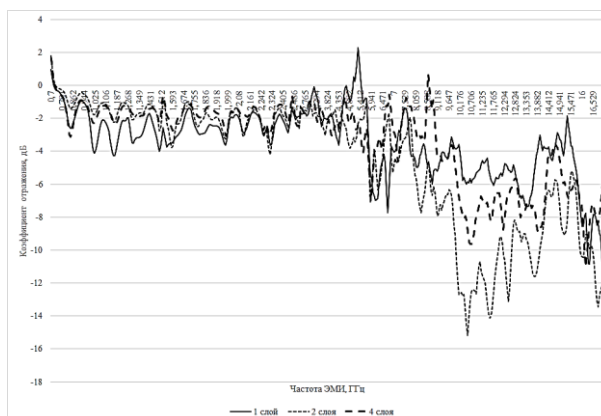


Рис. 4

Испытания тканей 1 и 2 и пакетов из них показали следующее.

1. В диапазоне 0,7...5,0 ГГц существенного отражения ЭМИ не наблюдается, независимо от состава исследуемых тканей и количества их слоев.

2. Для образца ткани 1 установлено, что увеличение количества слоев приводит к некоторому снижению абсолютного значения коэффициента отражения ЭМИ, что может быть объяснено многократным отражением излучений внутри многослойного пакета материала. Коэффициент отражения ЭМИ ткани по модулю превышает 10 дБ в диапазоне 7,5...12,0 ГГц, в то время как для двухслойного и четырехслойного пакета соответствующий диапазон частот значительно уже. В среднем значения коэффициента отражения ЭМИ по модулю для образца ткани 1, исследованного в 1 слой, в данном диапазоне частот составляет до 12,5 дБ.

3. Для образца ткани 2, в отличие от образца 1, сложение в два слоя приводит к значительному повышению абсолютного значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 10...14 ГГц и по модулю составляет до 11,3 дБ. Дальнейшее увеличение количества слоев сопровождается снижением степени отражения в данном диапазоне.

ВЫВОДЫ

Если для конкретных условий эксплуатации разрабатываемых экранов требуется обеспечение низкого значения коэффициента отражения ЭМИ и достаточно высокой эффективности их ослабления, то в диапазоне частот до 3 ГГц может быть рекомендован пакет из 4 слоев ткани, содержащий в качестве электропроводящего компонента стальные волокна Bekinox, который характеризуется значениями коэффициента отражения по модулю до 0,78 дБ, коэффициента передачи по модулю до 30,5 дБ (эффективность снижения мощности ЭМИ составляет до 99,9 %).

Для работы в диапазоне частот 3...16 ГГц может быть рекомендован четырехслойный пакет ткани с содержанием 10% стальных волокон Bekinox в сочетании с углеродно-полиэфирными нитями Nega-Stat. Этот пакет характеризуется значениями коэффициента отражения по модулю до 5 дБ, коэффициента передачи по модулю до 16 дБ (эффективность снижения мощности ЭМИ составляет до 97,5 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Михнюк Т.Ф. Защита от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. – Минск: БГУИР, 2003.

2. *Задоя Н.И.* Электромагнитная безопасность. – Рубцовск, 2014.

3. *Харлов Н.Н.* Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007.

4. *Абдулхадиди Х.Д.А. и др.* Электромагнитные экраны на основе алюминия, его оксидов и углеродных волокон, технологии, конструкции и свойства / Под ред. Л.М. Лынькова. – Минск: Бестпринт, 2021. ISBN 978-985-7267-16-3.

5. Anti-static fibers and yarns for textiles – Bekaert.com [Электронный ресурс]; 2022. – Режим доступа: <https://www.bekaert.com/en/products/basic-materials/textile/anti-static-fibers-and-yarns-for-textiles>.

6. *Рыклин Д.Б., Кветковский Д.И.* Определение влияния волокон Векінох на удельное поверхностное электрическое сопротивление тканей // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2021, № 2 (41). С.73...80.

7. Ткань "Статэл" с антистатической нитью Nega-Stat [Электронный ресурс]; 2022 – Режим доступа: https://www.technoavia.ru/polezno/technology/materials/negastat_souz.

8. *Li Q.J., Liu, C.L., Zhou M. et al.* Study on principle of the shielding effectiveness of woven fabrics containing stainless steel fibers and simulation // Fund Mater. – 2013, №14. P. 2041...2046.

9. *Liu Z., Rong X., Yang Y., Wang X.* Influence of Metal Fiber Content and Arrangement on Shielding Effectiveness for Blended Electromagnetic Shielding Fabric // Materials science (Medziagotyra). – 2015. Vol. 21, № 2. P.265...270.

10. *Liang R., Cheng W., Xiao H., Sh, M., Tang Z., Wang N.* A calculating method for the electromagnetic shielding effectiveness of metal fiber blended fabric // Textile Research Journal. – 2018. Vol. 88 (9). P.973...986.

REFERENCES

1. *Mikhnyuk T.F.* Protection from electromagnetic fields of the radio frequency range. – Minsk, BSUIR, 2003.

2. *Zadoya N.I.* Electromagnetic safety. – Rubtsovsk, 2014.

3. *Kharlov, N.N.* Electromagnetic compatibility in the electric power industry. – Tomsk: TPU Publishing House, 2007.

4. *Abdulhadi H.D.A. et al.* Electromagnetic screens based on aluminum, its oxides and carbon fibers, technologies, designs and properties / ed. L.M. Lynkov. – Minsk: Bestprint, 2021. ISBN 978-985-7267-16-3.

5. Anti-static fibers and yarns for textiles - Bekaert.com [Electronic resource]; 2022. Access mode: <https://www.bekaert.com/en/products/basic-materials/textile/anti-static-fibers-and-yarns-for-textiles>.

6. *Ryklin D.B., Kvetkovsky D.I.* Determining the effect of Bekinox fibers on the specific surface electrical resistance of tissues // Vestnik of Vitebsk State Technological University. – 2021, № 2 (41). P. 73...80.

7. Fabric "Statel" with antistatic thread Nega-Stat [Electronic resource]; 2022 – Access mode: https://www.technoavia.ru/polezno/technology/materials/negastat_souz.

8. *Li Q.J., Liu C.L., Zhou M. et al.* Study on principle of the shielding effectiveness of woven fabrics containing stainless steel fibers and simulation // Fund Mater. – 2013. №14, P. 2041...2046.

9. *Liu Z., Rong X., Yang Y., Wang X.* Influence of Metal Fiber Content and Arrangement on Shielding Effectiveness for Blended Electromagnetic Shielding Fabric // Materials science (Medziagotyra). – 2015. Vol. 21, № 2. P. 265...270.

10. *Liang R., Cheng W., Xiao H., Shi M., Tang Z., Wang N.* A calculating method for the electromagnetic shielding effectiveness of metal fiber blended fabric // Textile Research Journal. – 2018. Vol. 88(9). P.973...986.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных материалов Витебского государственного технологического университета. Поступила 26.09.22.

**АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ХЛОПКОЛАВСАНОВОЙ ПРЯЖИ
РАЗЛИЧНОГО ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ**

**ANALYSIS OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS
OF COTTON-DASHEN YARN
OF DIFFERENT PERCENTAGE CONTENT**

О.В. КАЩЕЕВ, Ю.С. ШУСТОВ

O.V. KASHCHEEV, YU.S. SHUSTOV

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

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

E-mail: 6145263@mail.ru

В работе рассматривается поведение и осуществляется анализ изменения механических характеристик хлопколавсановой пряжи, полученной путем вложения различного процентного содержания натуральных и химических волокон. Более конкретно рассмотрены такие характеристики, как разрывная нагрузка, удлинение, изгибоустойчивость, устойчивость к многократным растяжениям хлопколавсановой пряжи, получены математические зависимости. В итоге получены данные, позволяющие оценивать пряжу в зависимости от процентного содержания натуральных и химических волокон с целью последующего использования ее в том или другом случае.

The work considers the behavior and analyzes the change in the physical and mechanical properties of cotton-lavsan yarn obtained by investing various percentages of natural and chemical fibers. More specifically, such characteristics as breaking load, elongation, bending resistance, resistance of the yarn to multiple stretching of cotton-lavsan yarn are considered, mathematical dependencies are obtained. As a result, the data that allow you to evaluate the yarn depending on the percentage of natural and chemical fibers for the purpose of its subsequent use in one case or another are obtained.

Ключевые слова: хлопколавсановая смесь, пряжа, процентное содержание, механические характеристики.

Keywords: cotton-lavsan mixture, yarn, percentage content, mechanical characteristics.

Введение

Химические волокна все шире применяются в текстильной промышленности. Состав химических волокон оказывает существенное влияние на такие показатели, как разрывная нагрузка, удлинение, работа разрыва, изгибоустойчивость и другие. Подбор различных компонентов пряжи позво-

ляет получить более качественный продукт, отвечающий требованиям того или иного вида продукции [1...5].

Методы исследования

В качестве исходных образцов была выработана хлопколавсановая пряжа линейной плотности 15 текс различного процентного содержания натуральных и химичес-

ких волокон: 1 – 100% хлопок; 2 – 67% хлопка + 33% лавсанового волокна; 3 – 45% хлопка + 55% лавсанового волокна; 4 – 33% хлопка + 67% лавсанового волокна; 5 – 13% хлопка + 87% лавсанового волокна; 6 – 100% лавсанового волокна.

Рассмотрим поведение данных образцов по отношению к механическим показателям [6], [7].

Результаты испытаний пряжи приведены в табл.1.

Таблица 1

Показатели	Наименование варианта и состав смеси (хлопколавсановое волокно), %					
	1 (100:0)	2 (67:33)	3 (43:57)	4 (33:67)	5 (13:87)	6 (0:110)
Линейная плотность, текс	14,4	14,6	15,1	14,6	14,3	14,6
Разрывная нагрузка, Н	2,80	2,34	2,30	2,23	2,75	2,83
Удлинение, %	8,3	8,2	7,7	9,7	16,7	19,1
Число кручений на 1 м	945	945	953	946	935	915
Неровнота по линейной плотности, %	2,5	4,7	4,4	5,2	5,1	3,8
Неровнота по разрывной нагрузке, %	8,9	9,1	8,2	11,7	13,8	15,3

На рис. 1 приведено изменение разрывной нагрузки, а на рис. 2 – изменение раз-

рывного удлинения от процентного содержания хлопка в хлопколавсановой пряже.

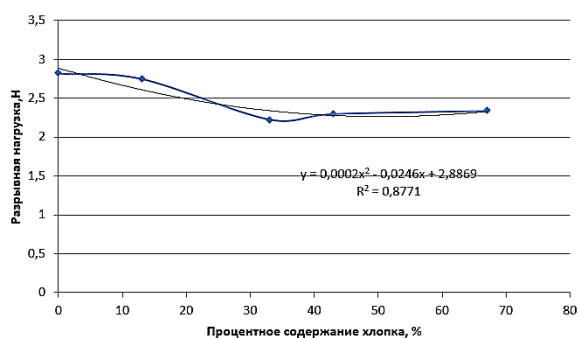


Рис. 1

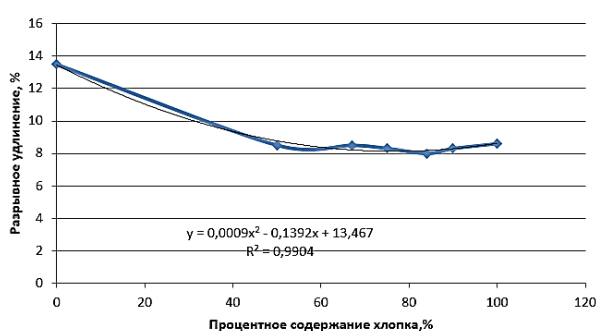


Рис. 2

В процессе производства и эксплуатации пряжи подвергается значительной изгибамости. Для испытания текстильных материалов на изгибоустойчивость использовался прибор марки ДП-5/3. Испытания смешанной пряжи при условиях растяже-

ния ее равной относительной нагрузкой, составляющей 25% от разрывной.

Значения изгибоустойчивости пряжи от разного сырьевого состава приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сырьевой состав пряжи	Число циклов до разрушения	
	X ср (цикл)	C, %
Пряжа 15 текс		
100% хлопка	47020	42,2
67% хлопка+33% лавсанового волокна	45750	48,1
43% хлопка+57% лавсанового волокна	44830	40,3
33% хлопка+67% лавсанового волокна	41790	48,3
13% хлопка+87% лавсанового волокна	30300	38,0
100% лавсанового волокна	26120	46,7

Из данных табл. 2 видно, что изгибоустойчивость смеси хлопка с лавсановым волокном с увеличением процентного содержания лавсана возрастает (рис. 3).

Следующим этапом работы было изучение устойчивости пряжи к многократным растяжениям, для чего был использован пульсатор ПН-5. Скорость растяжения составляла 240 циклов в минуту при абсолютной нагрузке на нить 60 г. Результаты исследований приведены в табл. 3. График изменения устойчивости хлопколавсановой пряжи к многократным деформациям растяжения приведен на рис.4.

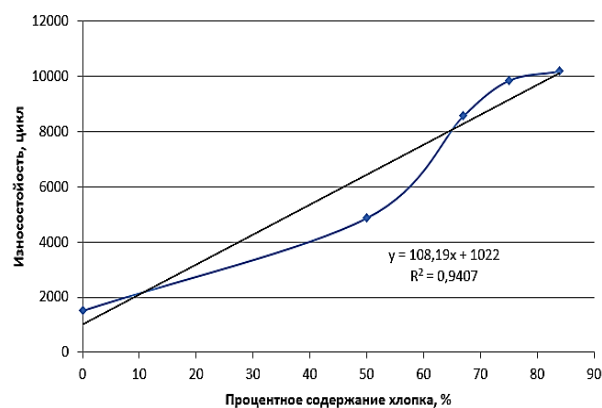


Рис. 3

Т а б л и ц а 3

Сырьевой состав пряжи	Число циклов до разрушения при многократных деформациях	
	X ср (цикл)	M _г , %
Пряжа 15 текс		
100% хлопка	720	18,0
67% хлопка+33% лавсанового волокна	1856	22,1
43% хлопка+57% лавсанового волокна	2380	24,7
33% хлопка+67% лавсанового волокна	5190	24,3
13% хлопка+87% лавсанового волокна	>10000	-
100% лавсанового волокна	>15000	-

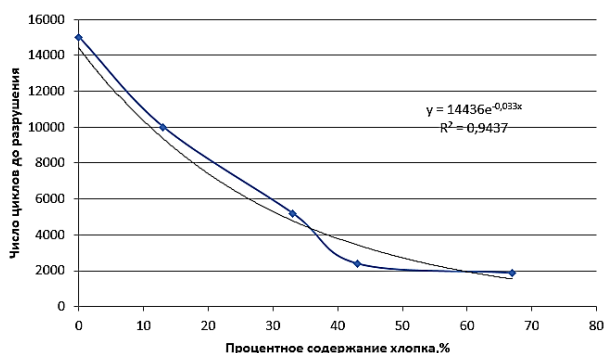


Рис. 4

Таким образом, установлено поведение таких механических показателей, как разрывная нагрузка и удлинение, изгибоустойчивость и устойчивость к многократным растяжениям, в зависимости от процентного содержания натуральных и химических волокон.

ВЫВОДЫ

Рассмотренные образцы пряжи показывают, что с увеличением процентного содержания лавсановых волокон прочностные характеристики возрастают, однако

для правильной оценки получаемого готового продукта в виде тканей необходимо осуществлять оценку и таких показателей, как гигроскопичность, воздухопроницаемость и других.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов П.А. Динамика и модели основных процессов прядения. – М.: ООО "Клуб-Печати", 2021.
2. Зиновьев В.П., Рубцов В.И., Шустов Ю.С., Тимошенко А.Н., Оленина И.В. Влияние масштабного фактора на результаты расчетов прочности хлопчатобумажной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, №1. С.129...133.
3. Худайбердиева Д.Б., Буриев З.Т., Дармонов М.М., Ахмедова М.Ш., Мамаджанова С.А. Комплексная оценка физико-механических свойств хлопкошелковых смесовых пряж из новых сортов хлопкового волокна пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, №3. С.85...90.
4. Сафонов П.Е., Юхин С.С. Исследование вязкоупругих свойств синтетических нитей специального назначения в условиях испытаний на релаксацию механических напряжений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №1. С.88...95.

5. Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Белкина С.Б. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности. – М.: Форум, 2014.

6. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. – М.: КолосС, 2011.

7. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М. и др. Текстильное материаловедение. – М.: ИНФРА-М, 2021.

REFERENCES

1. Sevostyanov P.A. Dynamics and models of the main processes of spinning. – М.: LLC "Club-Print", 2021.

2. Zinoviev V.P., Rubtsov V.I., Shustov Yu.S., Timoshenko A.N., Olenina I.V. Influence of the scale factor on the results of calculating the strength of cotton yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, №1. P. 129...133

3. Khudaiberdieva D.B., Buriev Z.T., Darmonov M.M., Akhmedova M.Sh., Mamadzhanova S.A. Comprehensive assessment of the physical and mechanical

properties of cotton-silk blended yarns from new varieties of cotton fiber yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 3. P. 85...90.

4. Safonov P.E., Yukhin S.S. Study of the viscoelastic properties of synthetic threads for special purposes under conditions of tests for the relaxation of mechanical stresses // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 1. P. 88...95.

5. Davydov A.F., Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Belkina S.B. Technical expertise of textile and light industry products. – М.: Форум, 2014.

6. Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S. Textile materials science. – М.: KolosS, 2011.

7. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M. etc. Textile materials science. – М.: ИНФРА-М, 2021.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы. Поступила 30.09.22.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_59

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ *

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ALKALI ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS FOR WORKWEAR PRODUCTION

Э.А. ХАММАТОВА

E.A. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с решением проблем повышения стойкости текстильных материалов, которые применяются в спецодежде, к щелочи. Цель работы заключалась в разработке способов получения наноструктурированных многофункциональных текстильных материалов для спецодежды, которые сохраняют прочность и стойкость после воздействия щелочи. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Исследо-

* Исследование проведено с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» Казанского национального исследовательского технологического университета при финансовой поддержке проекта Минобрнауки России в рамках гранта № 075-15-2021-699.

вание разрывной нагрузки проводили на контрольных и наноструктурированных образцах с использованием разрывной машины МТ110-5. Наноструктурирование тканей осуществляли потоком "холодной" плазмы пониженного давления на полупромышленной плазменной установке периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3", которая используется в Центре коллективного пользования "Наноматериалы и нанотехнологии" КНИТУ. При этом multifunctionальные текстильные материалы (МТМ) достигают максимальных показателей разрывной нагрузки и стойкости к щелочи при оптимальных параметрах воздействия потока "холодной" плазмы пониженного давления. После наноструктурирования и нанесения маслосталкивающей, нефтемаслосталкивающей и других пропиток получили МТМ: "Премьер Комфорт-250А", "Премьер FR-350" и "Премьер Cotton 300", из которых изготовили спецодежду. В результате исследований МТМ установлено, что разрывная нагрузка и стойкость к воздействию щелочи выше в наноструктурированных образцах.

The issues related to solving the problems of increasing the resistance of textile materials to alkali, which are used in overalls, are considered. The aim of the work was to develop methods for obtaining nanostructured multifunctional textile materials for workwear that retain strength and durability after the alkali exposure. Textile materials containing cotton fibers and polyester fibers were selected as the objects of the study. The study of the bursting load was carried out on control and nanostructured samples using the MT110-5 bursting machine. Nanostructuring of tissues was carried out by a flow of "cold" plasma of reduced pressure on a semi-industrial plasma installation of periodic action "WATT 4000 PT PLASMA 3", which is used in the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" KNITU. At the same time, multifunctional textile materials (MTM) maximize the indicators of breaking load and alkali resistance at optimal parameters of exposure to the flow of "cold" plasma of reduced pressure. After nanostructuring and applying (oil-repellent, oil-oil-repellent and others) impregnations, MTM received: "Premier Comfort-250A", "Premier FR-350" and "Premier Cotton 300" from which workwear was made. As a result of MTM studies, it was found that the breaking load and resistance to alkali is higher in nanostructured samples.

Ключевые слова: текстильный материал, стойкость, щелочь, multifunctionальный, холодная плазма, разрывная нагрузка, наноструктурирование, специальная одежда, пропитки.

Keywords: textile material, durability, alkali, multifunctional, cold plasma, breaking load, nanostructuring, special clothing, impregnations.

На сегодняшний день на российском рынке представлен широкий ассортимент современных материалов отечественных и зарубежных производителей для профессиональной спецодежды. Однако при разработке текстильных материалов для спецодежды необходимо учитывать, что на практике, при осуществлении различных видов профессиональной деятельности, обычно действуют неблагоприятные агрес-

сивные среды. Продолжает расширяться и совершенствоваться ассортимент новых стойких тканей к агрессивным средам [1], [2].

Химическая стойкость волокон текстильных материалов характеризуется их стойкостью к действию различных химических реагентов – кислот, щелочей, окислителей, восстановителей, органических растворителей. От хемостойкости волокон за-

висит ряд эксплуатационных свойств текстильных материалов, особенности режимов различных операций отделки, а также стирки и химической чистки изделий [3].

Щелочь (NaOH) – твердое вещество белого цвета; гигроскопичное и водорастворимое. Едкие щелочи оказывают наиболее сильное разрушающее действие на белковые волокна. Наиболее устойчивы к действию едкого натрия хлопок, лен, хлорин и поливинилхлоридные волокна в слабом растворе и при обыкновенной температуре не оказывают вредного действия. Но при кипячении происходит ослабление этих волокон, которое сопровождается их частичным растворением. Ослабление волокон значительно усиливается в присутствии кислорода (воздуха). Волокна превращаются в хрупкое рассыпающееся вещество, частично растворимое в щелочах. Требуется очень тщательная промывка ткани после обработки ее щелочами. В присутствии щелочи ткань постепенно желтеет, что указывает на понижение ее прочности [4].

Одним из препятствий для изготовления спецодежды из наноструктурированных материалов является малоизученность стойкости волокон к щелочной среде. Как известно, при эксплуатации спецодежды в агрессивной среде происходит уменьшение срока их эксплуатации. Этим объясняется повышенный интерес работодателей. В связи с изложенным исследование механических свойств текстильных материалов для спецодежды после воздействия агрессивных сред является актуальным и представляет научный и практический интерес [5...7].

В данной работе приведены результаты исследования влияния потока "холодной" плазмы пониженного давления на механические свойства и стойкость текстильных

материалов для спецодежды к щелочной среде. Одним из способов повышения стойкости к щелочи текстильных материалов для спецодежды является наноструктурирование потоком "холодной" плазмы пониженного давления. Воздействие щелочи на текстильные материалы проводили в экспериментальных условиях носок спецодежды, путем многократного их поверхностного разбрызгивания и последующего высыхания.

Исследования текстильных материалов к действию щелочи проводились на основе определения стойкости к поверхностному смачиванию (метод испытания разбрызгиванием) и изменения разрывной нагрузки (Рн). Определение разрывной нагрузки контрольных и наноструктурированных опытных образцов текстильных материалов проводились при одноосном растяжении материалов на разрывной машине МТ110-5 согласно ГОСТ 3813–72 [8].

Стойкость контрольных и наноструктурированных текстильных материалов для спецодежды к действию агрессивной среды – щелочи проводили капельным методом согласно ГОСТ 12.4.220–2002 [9]. Сущность метода заключалась в измерении времени, в течение которого происходило проникновение агрессивной среды (щелочи) через испытываемые образцы. Ткань считается стойкой к поверхностному смачиванию, если капли щелочи, нанесенные на текстильные материалы для спецодежды, не остаются на поверхности, имеют незначительное случайное прилипание или смачивание.

В качестве объектов исследования выбран ассортимент текстильных материалов для спецодежды, характеристики которых представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Наименование тканей	Артикулы	Состав волокон, %		Вес, г/м ²	Переplete-ние	Пропитка
			хлопок	полиэстер			
1	"Премьер Комфорт-250А"	18422 а/Х-М	80	20 (антистатическая нить)	255	Саржевое 3/1	StopOil + нефтемасловодоотталкивающая (НМВО), масловодоотталкивающая (МВО)
2	"Премьер FR-350"	10202 АМ	100	-	340	Атласное	НМВО
3	"Премьер Cotton 300"	10408	100	-	300	Саржевое 3/1	МВО

Обработку опытных образцов текстильных материалов осуществляли с использованием уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3". В камере при пониженном давлении происходила обработка в потоке "холодной" плазмы, не превышающей температуру 50...60°C и частоту генератора 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали воздух [6].

Входные параметры плазменной установки устанавливали в пределах: мощности

разряда (W_p) от 2,0 до 4,5 кВт, расхода плазмообразующего газа (G) от 0,02 до 0,05 г/с, давления в вакуумной камере (P_k) от 26 до 52 Па и времени обработки (τ) от 1 до 3 м/мин.

Исследования текстильных материалов проводили на четырех опытных образцах до разрушения, затем определяли среднее значение полученных результатов. Результаты исследования R_n после воздействия щелочи на образцы текстильных материалов представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Виды МТМ	Виды образцов входного контроля	Направление испытания	Мониторинг образцов текстильных материалов по разрывной нагрузке R_n , Н				
			номера образцов				
			1	2	3	4	средний показатель
"Премьер Комфорт-250А"	контрольный	основа	980,0	936,1	986,8	962,4	966,25
		уток	740,0	775,2	736,4	797,3	762,25
	наноструктурированный	основа	1100	1125,4	1191,1	1144,5	1140,25
		уток	800,0	872,1	826,5	800,3	824,75
"Премьер FR-350"	контрольный	основа	928,0	949,6	915,8	963,2	939,15
		уток	737,0	797,2	762,5	722,7	754,85
	наноструктурированный	основа	1219,0	1236,1	1223,0	1272,1	1237,55
		уток	924,0	992,1	954,7	919,2	947,50
"Премьер Cotton 300"	контрольный	основа	806,0	849,6	815,8	863,2	833,65
		уток	630,0	697,2	662,5	622,7	653,10
	наноструктурированный	основа	1032,0	1036,1	1023,0	1072,1	1040,80
		уток	778,0	792,1	754,7	719,2	761,00

Результаты исследований образцов текстильных материалов, представленные в табл. 2, позволяют провести их мониторинг по разрывной нагрузке. Полученные результаты в табл. 2 показывают, что после воздействия агрессивной среды (щелочи) на наноструктурированные образцы текстильного материала "Премьер Комфорт-250А" разрывная нагрузка выше, по основе на 11,39% и по утку на 8,23% относительно контрольных образцов. Соответственно в образцах "Премьер FR-350" R_n выше по основе на 12,36% и по утку на 9,46%, а в текстильном материале "Премьер Cotton 300" R_n также выше по основе на 10,3%, по утку на 6,61% относительно контрольных образцов.

По полученным результатам в табл. 2

можно сделать вывод, что R_n выше в наноструктурированных образцах.

Проведено исследование стойкости к щелочи ($\Delta C_{щел.}$, %) наноструктурированных и контрольных образцов текстильных материалов для специальной одежды. Показатель стойкости к действию щелочи в контрольном и наноструктурированном в плазме образцах текстильных материалов измерялся в соответствии с ГОСТ 12.4.220–2002 [12]. Результаты исследований представлены на рис. 1...3.

Для оценки стойкости к действию щелочи, получили гистограммы текстильных материалов "Премьер Комфорт-250А" (рис.1), "Премьер FR-350" (рис.2) и "Премьер Cotton 300" (рис.3).

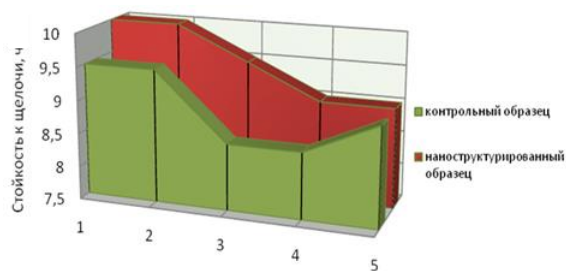


Рис. 1

Как видно из рис. 1, среднее значение стойкости к щелочи текстильного материала "Премьер Комфорт-250А" составляет в контрольных образцах 8,5 ч (рис. 1), а после наноструктурирования потоком "холодной" плазмы пониженного давления в экспериментальных образцах 9 ч. В режиме наноструктурирования при $P_k=22$ Па; $W_p=3,5$ кВт; $\tau=1$ м/мин; $G_{\text{возд}}=0,04$ г/с стойкость к щелочи увеличивается до 10 %.

Результаты исследования стойкости к щелочи, представленные на рис. 2, показали, что предварительное наноструктурирование текстильного материала "Премьер FR-350" позволило повысить значение стойкости к щелочи в наноструктурированных образцах до 9,5 ч и в контрольных образцах до 9 ч, что привело к повышению показателя $\Delta C_{\text{щ}}$ на 5,5%.

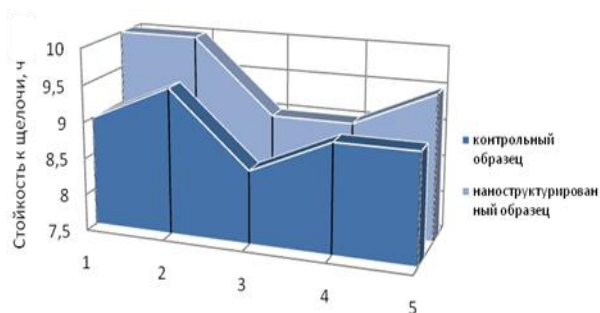


Рис.3

По полученным результатам на рис. 3 можно сделать вывод, что стойкость к щелочи также сохраняется у текстильного материала "Премьер Cotton 300". Как показали исследования экспериментальных образцов (рис. 3), среднее значение стойкости к щелочи в контрольных образцах составляло 9,0 ч, а в наноструктурированных 9,5 ч, что привело к повышению показателя $\Delta C_{\text{щ}}$

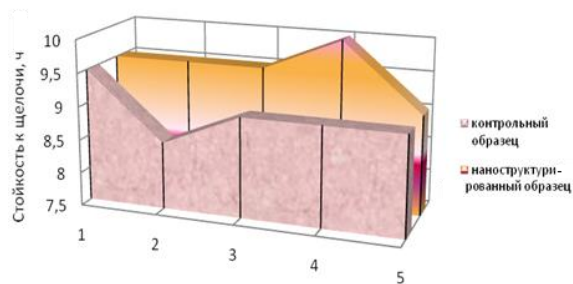
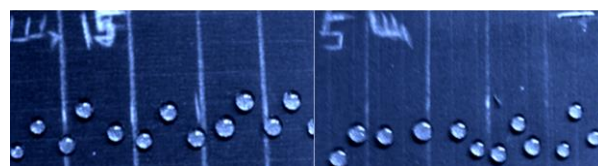


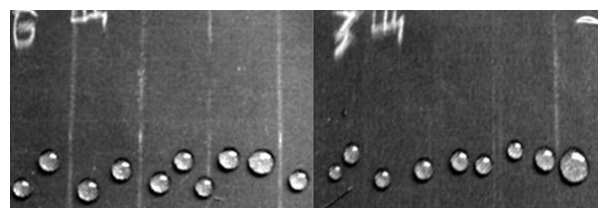
Рис. 2

на 5,5%, в режиме наноструктурирования: $P_k = 20...22$ Па; $W_p = 3,5...4,0$ кВт; $G_{\text{возд}} = 0,04$ г/с.



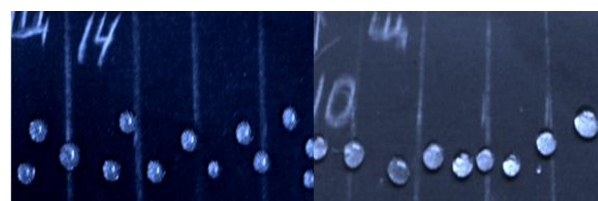
а) б)

Рис. 4



а) б)

Рис. 5



а) б)

Рис. 6

Как видно из фотографий (а – контрольный образец, б – наноструктурированный образец) ("Премьер Комфорт-250А" (рис. 4), "Премьер FR-350" (рис. 5) и "Премьер Cotton 300" (рис. 6), щелочь на поверхности multifunctional текстильных материалов не растеклась, а приняла полусферическую форму за счет имеющих химических веществ фторуглеродных групп, а также эмульсии в пропитках StopOil, HMBO и MBO.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам экспериментального анализа стойкости к щелочи многофункциональных текстильных материалов можно сделать вывод, что наноструктурирование в потоке "холодной" плазмы пониженного давления позволяет получить прочные и стойкие к воздействию щелочи образцы материалов для спецодежды.

Установлено, что разрывная нагрузка выше в наноструктурированных образцах, по основе от 10,39 до 12,36% и по утку от 6,61 до 9,46% относительно контрольных образцов.

Проведено исследование стойкости к щелочи контрольных и наноструктурированных образцов тканей для специальной одежды. Установлено, что стойкость к воздействию щелочи в контрольных образцах составила до 9 ч, а в наноструктурированных образцах до 9,5 ч. При этом капля щелочи на поверхности многофункционального текстильного материала для спецодежды не растеклась и приняла полусферическую форму за счет StopOil, HMBO и MBO отделок, которые противостоят масляным и другим загрязнениям в результате эмульсии на водной основе и добавления полимерного воска, которые обладают низким коэффициентом поверхностного натяжения. Действие пропитки основано на обволакивании волокон материала своеобразной гидрофобной пленкой, которая непроницаема для воды, масла, нефтепродуктов.

Определено, что многофункциональные текстильные материалы для спецодежды максимально достигают механические и стойкость к щелочи при следующих параметрах воздействия потока "холодной" плазмы пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=20-22$ Па, времени воздействия $\tau=1$ м/мин, мощности разряда $W_p=3,5...4,0$ кВт и расходе плазмообразующего газа –воздух $G_{\text{возд}}=0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация текстильных волокон [Электронный ресурс] URL: <https://vk.com/@klinerforum-klassifikaciya-tekstilnyh-voлокon> (дата обращения: 21.06.22)

2. Мoryганов А.П., Галашина В.Н., Дымникова Н.С. Разработка высокотехнологичных биологически активных изделий технического и медицинского назначения на основе льна и льнонанокомпозиатов // Дизайн. Материалы. Технологии. – 2009, № 4(11) С. 84...90.

3. Хамматова Э.А., Мекешикина-Абдуллина А.И., Разумеев К.Э. Разработка метода получения многофункциональных пленочных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами для изготовления защитных швейных изделий специального назначения //Швейная промышленность. – 2013, №4. С. 38...40.

4. Ткани и химия: щелочь и кислота, аммиак, сода, соль, горение [Электронный ресурс] Швейные машинки URL: <https://sewonline.ru/tkani-i-himiya-shheloch-i-kislota-ammiak-soda-sol-gorenie.htm?ysclid=170m6rc83html?ysclidn817712436> (дата обращения: 21.06.22).

5. Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф. Влияние потока плазмы на повышение физико-механических свойств технических материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 56...62.

6. Хамматова Э.А. Сохранение качества наноструктурированных текстильных материалов после эксплуатационной носки специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 5. С. 83...88.

7. Киселев А.М., Румянцев Е.В., Одинцова О.И., Румянцева В.Е. Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, № 2. С. 121...133.

8. 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.

9. ГОСТ 12.4.220-2002. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты. Метод определения стойкости материалов и швов к действию агрессивных сред. – Введ.12.04.2002. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. – 2002.

REFERENCES

1. Classification of textile fibers [Electronic resource] URL: <https://vk.com/@klinerforum-klassifikaciya-tekstilnyh-voлокon> (accessed: 21.06.22).

2. Moryganov A.P., Galashina V.N., Dymnikova N.S. Development of high-tech biologically active products for technical and medical purposes based on flax and flax nanocomposites // Design. Materials. Technology. – 2009, № 4(11). P. 84...90.

3. Khammatova, E.A., Mekeshkina – Abdullina A.I., Razumeev K.E. Development of a method for obtaining multifunctional film materials with improved performance properties for the manufacture of protective garments for special purposes // Sewing industry. – 2013, №4. P. 38...40.

4. Fabrics and chemistry: alkali and acid, ammonia, soda, salt, gorenje [Electronic resource] Sewing machines URL: <https://sewonline.ru/tkani-i-himiya-shheloch-i-kislota-ammiak-soda-sol-gorenje.htm?ysclid=170m6rc83html?ysclidn817712436> (accessed: 06/21/12).

5. Khammatova V.V., Gainutdinov R.F Effect of plasma flow on improving the physical and mechanical properties of technical materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №6. P. 56 ... 62.

6. Khammatova E. A Preservation of the quality of nanostructured textile materials after operational wear of special clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №5. P. 83 ... 88.

7. Kiselev A.M., Rumyantsev E.V., Odintsova O.I., Rumyantseva V.E. Modern technologies for obtaining textile materials with special properties and their applications // Izv. vuzov. Technology of the textile industry. – 2022, № 2.P. 121...133.

8 GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) Textile materials. Fabrics and piece goods. Methods for determination of tensile breaking characteristics (with amendments № 1, 2, 3). - Entered on 01.01.1973, reapproved 01.01.1982, 01.09.1990, 01.06.1992 (IUS 4-82, 12-90, 9-92). – М.: Publishing house of standards. – 1973.

9. GOST 12.4.220-2002. The system of occupational safety standards. Personal protective equipment. Method for determining the resistance of materials and seams to the action of aggressive media [Text]. – Introduction.12.04.2002. – Moscow: Gosstandart of Russia: Publishing House of standards. – 2002.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 29.09.22.

УДК 677.494.7

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_65

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОНОНИТЕЙ ИЗ СУПЕРКОНСТРУКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ

INVESTIGATION OF ELASTIC-DEFORMATION CHARACTERISTICS OF MONOTHREADS FROM SUPERSTRUCTURAL POLYMERS

*Д.А. МИРОШНИЧЕНКО, Н.Л. КОРНИЛОВА, И.В. МУСОВ,
А.Л. СЛОНОВ, С.Ю. ХАШИРОВА*

*D.A. MIROSHNICHENKO, N.L. KORNILOVA, I.V. MUSOV,
A.L. SLONOV, S.YU. KHASHIROVA*

**(Ивановский государственный политехнический университет,
Кабардино-Балкарский государственный университет им Х.М. Бербекова)**

**(Ivanovo State Polytechnical University,
Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov)**

E-mail: pti@ivgpu.com

Целью данной работы явилось сравнение физико-механических свойств нитей, полученных из двух видов суперконструкционных полимеров – полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) и полифениленсульфона (ПФСн), с различными типами сырья для текстильной промышленности. Установлено, что данные мононити имеют значительно меньшую прочность и стойкость к изгибающим нагрузкам, а также высокую упругость, что создает определенные сложности в процессе переработки методами ткачества. При этом показатель текучести расплава не оказывает значительного влияния на де-

формационно-прочностные свойства нитей. Сделан вывод, что для обеспечения возможности получения изделий для различных отраслей промышленности методами ткачества необходимо дальнейшее совершенствование процессов их получения.

The aim of this work was to compare the physical and mechanical properties of yarns obtained from two types of superconstruction polymers, polyetheretherketone (PEEK) and polyphenylsulfone (PPSU), with different types of raw materials for the textile industry. It has been established that these monofilaments have significantly lower strength and resistance to bending loads, as well as high elasticity, which creates certain difficulties in the processing by weaving methods. At the same time, the melt flow index does not have a significant effect on the deformation-strength properties of the yarns. It is concluded that in order to ensure the possibility of obtaining products for various industries by weaving methods, it is necessary to further improve the processes of their production.

Ключевые слова: полиэфирэфиркетон, полифениленсульфон, мононити, ткачество, упругодеформационные свойства.

Keywords: polyetheretherketone, polyphenylsulfone, monofilaments, weaving, elastic-deformation properties.

Создание конкурентной продукции в высокотехнологичных отраслях промышленности напрямую связано с появлением новых эффективных материалов и технологий их изготовления. В прогнозе научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года уровень российских исследований в сфере новых материалов оценивается достаточно высоко, однако отмечены и "белые пятна" – области, в которых результаты проводимых в стране исследований пока недостаточны, например, разработка функциональных конструкционных материалов с высокой прочностью, термостойкостью, износостойкостью, коррозионностойкостью, радиационной стойкостью. К данной категории относятся, в том числе суперконструкционные полимеры, которые в настоящее время очень активно исследуются и внедряются в стратегически важных отраслях, таких как авиационная, ракетно-космическая, оборонная промышленность, атомная энергетика, машиностроение, автомобилестроение, электроника, электротехника и т.п. [1], [2]. Суперконструкционные полимеры (полиэфирсульфоны, полиэфимииды, полиэфиркетоны, полифениленсульфиды) обладают радиационной стойкостью в сочета-

нии с высокими физико-механическими и теплофизическими характеристиками. Наряду с высокими термоустойчивостью и упругопрочностными свойствами, материалы этой группы отличаются стойкостью к действию ударных циклических нагрузок и растрескиванию, стабильностью размеров при низких (-60°C) и повышенных (+250°C) температурах. Они имеют высокую атмосферо- и химическую стойкость к топливу, маслам, основаниям и кислотам. Также их отличает отсутствие магнитных свойств, теплопроводности и электропроводности. Вес изделия уменьшается в сравнении со сталью на 70%, титаном – на 55%, алюминием – на 40% [3...5].

Перспективным является применение конструкций из полиэфиркетона в медицине. В работе [6] отмечается, что полиэфирэфиркетон на данный момент является одним из самых популярных биоматериалов на рынке благодаря своим универсальным возможностям. Авторы отмечают перспективность замены им сетчатых титановых цилиндрических имплантов позвонков. В работе [7] проведено сравнение удерживающих конструкций для фиксации перелома из пластин титана и пластин из полиэфирэфиркетона. Результаты исследования пока-

зали, что каркасы из полимера демонстрируют меньший риск нежелательных явлений по сравнению с титановым каркасом.

Одним из примеров нерегулярных сетчатых структур являются структуры природных оболочек, которые, кроме того, обладают малым весом и большой прочностью. В природе встречается много примеров армированных 2D (крылья насекомых, листья растений, паутина) и 3D-структур (человеческая кость, стебель бамбука, древесина, кость каракатицы, пчелиные соты). Легкие сетчатые композиты, спроектированные по принципу строения природных объектов и состоящие из взаимосвязанной сети нитей (жилок), образующих стороны ячеек, представляют собой новый класс высокоэффективных конструкционных материалов [8], [9].

Современным направлением развития области использования композиционных материалов является изготовление армирующих текстильных каркасов с геометрией, близкой к конечной детали. Одним из таких методов является технология переработки нитей методом 3D-ткачества [10].

В основе проектирования физико-механических свойств композита на основе объемной тканой структуры лежит понимание того, что его конечные упругие и прочност-

ные свойства зависят от параметров процесса ткачества, существенно влияющих на структуру преформы. Создавая специальное пространственное переплетение нитей, можно управлять характеристиками напряженно-деформированного состояния объемной тканой структуры, а выбор вида нитей и подбор матрицы позволят получить композиционный материал с уникальными, но прогнозируемыми механическими свойствами [11].

В связи с этим перспективной представляется возможность изготовления сложных конструкций из суперконструкционных полимеров методами ткачества или плетения. Целью данной работы явилось сравнение физико-механических свойств нитей, полученных из двух видов полимеров – полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) и полифениленсульфона (ПФСн), с различными типами сырья для текстильной промышленности.

Наиболее широкое применение в качестве волокон и нитей нашли полиакрилонитрильные (ПАН), полиамидные (ПА), полипропиленовые (ПП), полиэтилентерефталатные (ПЭТФ) и другие полимеры. Свойства волокон и текстильных нитей общего назначения описаны достаточно подробно [12...15]. Основные сведения по этим видам волокон и нитей суммированы в табл. 1 [16].

Т а б л и ц а 1

Свойства	ПАН	ПА	ПП	ПЭТФ
Модуль деформации, ГПа	3...6	2...3,5	2...20	4...20
Эластическое восстановление, % при деформации 10%	50...55	95...98	98...100	60...65
Удлинение при разрыве, %	30...45	40...50	40...70	30...55
Относительная прочность в петле, %	30...55	85...95	85...95	80...90
Число двойных изгибов до разрушения, ед	15...45	Более 800	Более 200	20000...60000

Следует отметить, что все представленные в табл. 1 нити имеют мультифиламентную структуру, поэтому для сравнения показателей дополнительно были исследованы мононити из полиэтилена высокой плотности (ПВП) производства "Taiaa Longqi Plastics", г. Тайвань, Китай, применяемые для ткачества промышленных сеток, и нити полиамидные [16] для изготовления рыболовных сетей.

Материалы и методы исследования

Мононити с различными диаметрами на основе ПЭЭК и ПФСн были получены на

оборудовании "Центра прогрессивных материалов и аддитивных технологий" Кабардино-Балкарского государственного университета, г. Нальчик, методом экструзии на двухшнековом микроэкструдере Twin-Screw 10 (L/D = 20) фирмы TwinTech (Великобритания), при максимальной температуре экструзии 370°C для ПЭЭК и 360°C для ПФСн. Для получения нитей были взяты материалы с различным показателем текучести расплава (ПТР), который является обратной величиной вязкости расплава: ПЭЭК 239X с ПТР 30 г/10 мин,

ПЭЭК 281X с ПТР 2,4 г/10 мин и промышленный ПЭЭК фирмы Victrex (Великобритания) марки 450 P с ПТР 8 г/10 мин; также были взяты синтезированный ПФСн с ПТР 64,8 г/10 мин и промышленная марка ПФСн Radel 5800 NT фирмы Solvay (Бельгия) с ПТР 11 г/10 мин.

Разрывную нагрузку и удлинение до разрыва определяли в соответствии с ГОСТ 6611.2-73, разрывное напряжение – по ГОСТ 6943.5-79. Модуль упругости при растяжении определяли при нагрузке, равной 50% от разрывной. Стойкость нитей к разрушению при многократном изгибе определяли на автоматизированном изгибателе ткани и нити АИТН-2 с углом изгиба $\pm 180^\circ$, частотой 100 циклов в минуту, при нагрузке на пробу в размере 25% от разрывной. Для определения относительной прочности в петле отбирались две нити, которые

однократно переплетались между собой и подвергались растяжению до разрыва на разрывной машине ИР 5080-10. При расчете показателя полученное значение делили на 2 и на значение разрывной нагрузки, затем выражали в %.

Определение компонентов полного удлинения при растяжении нитей нагрузкой, меньше разрывной, осуществляли по методике, изложенной в ГОСТ 28890-90. Растяжение нитей производили на релаксометре РМ-5 с расстоянием между зажимами прибора 200 ± 1 мм, статической нагрузкой в размере 25 % от разрывной, время действия статической нагрузки 120 мин, время отдыха после снятия нагрузки 90 мин.

Результаты и их обсуждение

Результаты испытаний моноплетей представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Исследуемые образцы вид полимера	Диаметр сечения, мкм	Разрывная нагрузка, Н	Разрывное напряжение, МПа	Удлинение при разрыве, %	Модуль упругости на растяжение, ГПа	Эластическое восстановление, %	Относительная прочность в петле, %	Число двойных изгибов до разрушения, ед
1	ПЭЭК 239х	400	17,15	136,55	39,1	0,35	98	9,5	78
2	ПЭЭК 281х	380	39,1	344,93	132,7	0,26	97	7,4	54
3	ПЭЭК 281х	900	69,35	109,1	8,15	1,34	95	6,9	46
4	ПЭЭК – V	950	91,8	129,6	15,4	0,84	98	0,9	25
5	ПФСн 274а	380	29,5	260,25	70,05	0,37	95	8,2	66
6	ПФСн 274а	600	23,2	82,1	25,9	0,315	94	9,3	49
7	ПФСн 274а	900	39,6	62,28	19,1	0,326	96	8,4	31
8	ПФСн 237а	400	13,45	107,1	14,4	0,74	94	5,7	71
9	ПФСн – R	950	37,86	53,44	13,95	0,38	95	8,9	29
10	ПВП	300	43,3	612,88	173,6	0,35	85	21	900
11	ПВП	400	45,9	365,44	232,8	0,157	84	17	600
12	ПА (моно)	280	13,0	211,23	9	1,17	93	61	400
13	ПА (моно)	550	60,0	252,67	13	0,97	91	54	350
14	ПА (моно)	1000	216,0	275,16	17,2	0,8	88	48	330

Из сравнения данных, представленных в табл. 1 и 2, видно, что моноплетей из ПЭЭК и ПФСн по сравнению с мультифиламентными нитями отличаются значительно меньшей прочностью (модуль деформации в 3...10 раз ниже), относительной прочностью в петле (0,9...9,5% против 30...95%) и стойкостью к изгибающим нагрузкам (25...78 изгибов до разрушения против 200...60000). При этом значения показателей эластичес-

кого восстановления и удлинения при разрыве имеют сопоставимый характер.

Следует отметить, что сравнение показателей мультифиламентных и монофиламентных нитей, полученных из полиамида (ПА), позволяет говорить о том, что монофиламентные нити имеют более низкие показатели прочности и гибкости, что вызывает определенные трудности при их переработке методами ткачества.

Из табл. 2 видно, что промышленные мононити из ПВП и ПА имеют значительно более высокую прочность и на порядок большую гибкость по сравнению с нитями из суперконструкционных пластиков.

Экспериментальные данные позволяют утверждать, что прочностные характе-

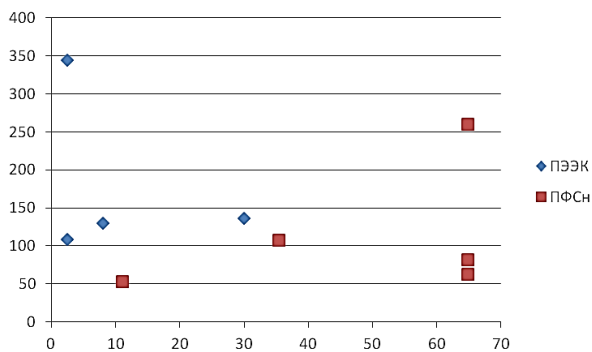


Рис. 1

На рис. 2 показаны графики изменения удлинения нитей из разных полимеров при статической нагрузке, равной 25% от разрывной, в различные моменты нагружения и "отдыха". Видно, что абсолютное полное удлинение нитей из полиэтилена высокой плотности в 10 раз больше, чем у нитей из ПЭЭК и ПФСн. При этом, как показано на рис. 3, доля остаточной деформации у них значительно ниже: не превышает 40%, в то время как у ПВП и ПА достигает 90%. Это говорит о высокой упругости нитей из суперконструкционных полимеров.

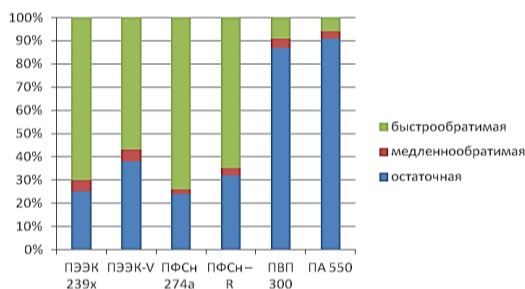


Рис. 3

Данное свойство может служить значительным преимуществом в процессе эксплуатации изделий, но будет создавать определенные сложности в процессе переработки методами ткачества.

тики нитей из ПЭЭК и ПФСн не зависят от показателя текучести расплава. Для примера на рис. 1 приведен разброс разрывного напряжения при различных значениях ПТР полимера. Аналогичный вид имеют графики разброса разрывного удлинения и модуля упругости на растяжение.

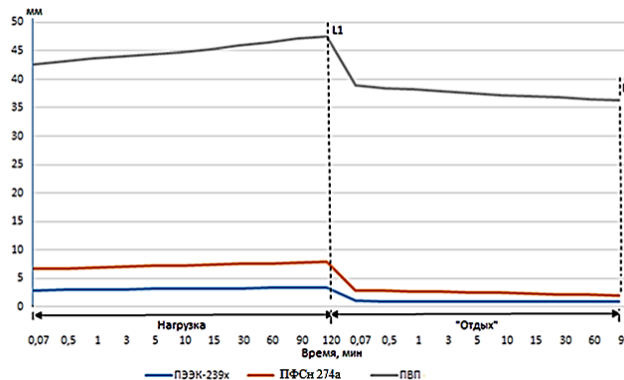


Рис. 2

Для обеспечения возможности получения изделий для различных отраслей промышленности методами ткачества необходимо изучение зависимостей типа "состав - свойство" с возможным введением дополнительных веществ, повышающих гибкость нитей, а также совершенствование процессов их вытягивания.

ВЫВОДЫ

Сравнение свойств нитей из двух видов суперконструкционных полимеров – полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) и полифениленсульфона (ПФСн), с различными типами сырья для текстильной промышленности, показало, что данные мононити имеют значительно меньшую прочность и стойкость к изгибающим нагрузкам, а также высокую упругость, что создает определенные сложности в процессе переработки методами ткачества. При этом показатель текучести расплава не оказывает значительного влияния на деформационно-прочностные свойства нитей. Для обеспечения возможности изготовления изделий для различных отраслей промышленности методами ткачества необходимо дальнейшее совершенствование процессов их получения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shukla D., Negi Y. S., Uppadhyaya J. S., Kumar V. Synthesis and modification of poly (ether ether ketone) and their properties: a review. // *Polymer Reviews*. – 2012. V. 52(2). P.189...228. doi.org/10.1080/15583724.2012.668151.

2. Guo R., McGrath J. E. Aromatic polyethers, polyetherketones, polysulfides, and polysulfones. – 2012. P. 377...340.

3. Maeyama K., Hikiji I., Ogura K., Okamoto A., Ogino K., Saito H., Yonezawa N. Synthesis of optically active aromatic poly (ether ketone) s via nucleophilic aromatic substitution polymerization // *Polymer journal*. – 2005. V. 37(9). P.707...710. doi.org/10.1295/polymj.37.707.

4. Zhansitov A.A., Khashirova S.Yu., Slonov A.L., Kurdanova Zh.I., Shabaev A.S., Khashirov A.A., Mikitaev A.K. Development of technology of polysulfone production for 3D printing // *High Performance Polymers*. – 2017, 29(6). 724...729.

5. Zhansitov A.A., Slonov A.L., Shetov R.A., Baikaziev A.E., Shakhmurzova K.T., Kurdanova Zh.I., Khashirova S.Yu. Synthesis and properties of polyetheretherketones for 3d printing // *Fibre Chemistry*. – 2018, 49-6, 414.

6. Manoukian O.S., Sardashti N., Stedman T., Gailunas K., Ojha A., Penalosa A., Kumbhar S. Biomaterials for tissue engineering and regenerative medicine // *Lumbar Interbody Fusions*. – 2019. P. 62...482.

7. Alentado V.J., Steinmetz M.P. Interbody Implant Options in Interbody Fusion. // *Lumbar Interbody Fusions*. – 2019. P. 132...159.

8. Milwich M., Speck T., Speck O., Stegmaier T., Planck H. Biomimetics and technical textiles: solving engineering problems with the help of nature's wisdom // *American Journal of Botany*. – Vol.93(10), 2006. P.1455...1465.

9. Зарецкая Г.П., Базаев Е.М., Руднева Т.В., Лунина Е.В. Технологии трехмерного армирования текстильными и швейными методами конструкций из полимерных композиционных материалов // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2021, №6. С. 107...115.

10. Титов С.Н., Киселев М.В., Хилов П.А., Романов В.В. Разработка методов оценки технологических свойств высокомодульных нитей и параметров экспериментального стенда // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2021, №6. С.37...43.

11. Пирогов Д.А., Маслов Л.Б., Клопова К.В. Композиционные материалы на основе трехмерных тканых многослойных армирующих структур – конструкционные материалы настоящего и будущего // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2021, №6. С. 61...71.

12. Grishanov S. Structure and properties of textile materials. Handbook of textile and industrial dyeing. – Woodhead Publishing. – 2011. P. 28...63. doi.org/10.1533/9780857093974.1.28.

13. Behera B. K., Militky J., Mishra R., Kremenkova D. Modeling of woven fabrics geometry and properties. *Woven fabrics*. – 2012. P. 1...33.

14. Юхина Е. А., Литинская Н. Ю. Выявление условий для сохранения гибкости текстильной предприятия // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2009, № 6. С. 121...122.

15. Гаврилова О.Е., Никитина Л.Л., Канаева Н.С., Геркина О.Ю. Обзор современных полимерных материалов, применяемых в производствах легкой промышленности // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2015. Т.18, №1. С.276...278.

16. Перепёлкин К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности // *Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева*. – 2002. Т. XLVI. № 1. С 31...48.

17. Таблица сравнительных характеристик капроновых, полиамидных ниток различных структур/режим доступа <https://100setok.ru/novosti/tablistsakharakteristik-poliamidnykh-nitok.html>, дата обращения 03.08.22

REFERENCES

1. Shukla D., Negi Y. S., Uppadhyaya J. S., Kumar V. Synthesis and modification of poly (ether ether ketone) and their properties: a review. // *Polymer Reviews*. – 2012. V. 52(2). P.189...228. doi.org/10.1080/15583724.2012.668151.

2. Guo R., McGrath J. E. Aromatic polyethers, polyetherketones, polysulfides, and polysulfones. – 2012. P. 377-340.

3. Maeyama K., Hikiji I., Ogura K., Okamoto A., Ogino K., Saito H., Yonezawa N. Synthesis of optically active aromatic poly (ether ketone) s via nucleophilic aromatic substitution polymerization // *Polymer journal*. – 2005. V. 37(9). P.707...710. doi.org/10.1295/polymj.37.707.

4. Zhansitov A.A., Khashirova S.Yu., Slonov A.L., Kurdanova Zh.I., Shabaev A.S., Khashirov A.A., Mikitaev A.K. Development of technology of polysulfone production for 3D printing // *High Performance Polymers*. – 2017, 29(6). 724...729.

5. Zhansitov A.A., Slonov A.L., Shetov R.A., Baikaziev A.E., Shakhmurzova K.T., Kurdanova Zh.I., Khashirova S.Yu. Synthesis and properties of polyetheretherketones for 3d printing // *Fibre Chemistry*. – 2018, 49-6. 414.

6. Manoukian O.S., Sardashti N., Stedman T., Gailunas K., Ojha A., Penalosa A., Kumbhar S. Biomaterials for tissue engineering and regenerative medicine // *Lumbar Interbody Fusions*. – 2019. P. 62...482.

7. Alentado V.J., Steinmetz M.P. Interbody Implant Options in Interbody Fusion. // *Lumbar Interbody Fusions*. – 2019. P. 132...159.

8. Milwich M., Speck T., Speck O., Stegmaier T., Planck H. Biomimetics and technical textiles: solving engineering problems with the help of nature's wisdom // *American Journal of Botany*. – Vol.93(10), 2006. P.1455...1465.

9. Zaretskaya G.P., Bazaev E.M., Rudneva T.V., Lunina E.V. Technologies of 3D reinforcing of polymer composite constructions by textile and sewing methods //Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №6, P. 107...115.

10. Titov S.N., Kiselev M.V., Khilov P.A., Romanov V.V. Development of methods for assessing technological properties of high module yarns and experimental stand parameters // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №6. P.37...43.

11. Pirogov D.A., Maslov L.B., Klopova K.V. Composite materials based on three-dimensional woven multilayer reinforcing structures - structural materials present and future//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №6. P. 61...71.

12. Grishanov S. Structure and properties of textile materials. Handbook of textile and industrial dyeing. – Woodhead Publishing. – 2011. P. 28...63. doi.org/10.1533/9780857093974.1.28.

13. Behera B.K., Militky J., Mishra R., Kremenkova D. Modeling of woven fabrics geometry and properties. Woven fabrics. – 2012. P. 1...33.

14. Jukhina E.A., Litinskaya N.Yu. To a question about notation of the flexibility // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2009, № 6. P. 121...122.

15. Gavrilova O.E., Nikitina L.L., Kanaeva N.S., Gerkina O.Yu. Modern polymeric materials used in light industry // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. P. 276...278.

16. Perepelkin K.E. Modern chemical fibers and prospects for their application in textile industry // Rossijskij Khimicheskij Zhurnal (Zhurnal Rossijskogo Khimicheskogo Obshchestva Im. D.I. Mendeleeva). – 2002. 46(1) P. 31...49

17. <https://100setok.ru/novosti/tablitza-kharakteristik-poliamidnykh-nitok.html>, дата обращения 03.08.22

Рекомендована НОЦ "Центр компетенций текстильной и легкой промышленности" ИВГПУ. Поступила 28.08.22.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_71

НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОЛУЛЬНЯНОЙ ПАРУСИНОВОЙ ТКАНИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СПЕЦОДЕЖДЫ *

NANOSTRUCTURING OF SEMI-LINEN CANVAS FABRIC TO IMPROVE THE QUALITY OF WORKWEAR

Р.Ф. ГАЙНУТДИНОВ, В.В. ХАММАТОВА

R.F. GAINUTDINOV, V.V. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: venerabb@mail.ru

Представлены результаты научного исследования, ориентированного на решение проблем повышения качества полульняной парусиновой ткани для специальной одежды. Цель работы заключалась в разработке способов получения наноструктурированной полульняной парусины для специальной одежды, которые позволяют повысить прочность, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию опытных образцов. Объектами исследования выбраны ткани для спецодежды из льняных и хлопковых волокон. Для экспериментальных исследований контрольных и наноструктурированных образцов использовали разрывную машину МТ110-5, а также при-

* Исследование проведено с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» Казанского национального исследовательского технологического университета при финансовой поддержке проекта Минобрнауки России в рамках гранта № 075-15-2021-699.

бор марки МТ191. Наноструктурирование тканей для спецодежды проводили электрофизическим методом модификации с применением потока неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления с использованием уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия "WATT 4000 PT ПЛАЗМА 3" на базе Центра коллективного пользования "Наноматериалы и нанотехнологии" КНИТУ. Полученные наноструктурированные полульняные парусиновые текстильные материалы для специальной одежды повысили разрывную нагрузку и относительное разрывное удлинение как по основе, так и по утку; при этом стойкость к истиранию увеличилась в 3,7 и 4,2 раза относительно контрольных образцов. При этом полульняные парусиновые ткани достигают максимальных механических показателей при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=20-21$ Па, времени воздействия $\tau=1$ м/мин, мощности разряда $W_p = 3,5$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{взод} = 0,04$ г/с.

The results of a scientific study focused on solving the problems of improving the quality of semi-linen canvas fabric for special clothing are presented. The aim of the work was to develop methods for obtaining nanostructured semi-linen canvas for special clothing, which can increase the strength, relative tensile elongation and abrasion resistance of prototypes. Fabrics for workwear made of linen and cotton were selected as the objects of the study. For experimental studies of control and nanostructured samples, the MT110-5 bursting machine and the MT191 device were used. Nanostructuring of fabrics for workwear was carried out by an electrophysiological modification method using a flow of nonequilibrium low-temperature plasma of reduced pressure using a unique semi-industrial plasma unit of periodic action "WATT 4000 PT PLASMA 3" on the basis of the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" of KNIU. The resulting nano-structured semi-linen canvas textile materials for special clothing increased the breaking load and the relative breaking elongation, both on the warp and on the weft; at the same time, the abrasion resistance increased by 3.7 and 4.2 times relative to the control samples. In this case, semi-linen canvas fabrics maximize mechanical performance at the following parameters of the impact of the low-pressure flow of NNTP: operating pressure in the vacuum chamber $P_k = 20-21$ Pa, exposure time $\tau = 1$ m/min, discharge power $W_p = 3.5$ kW and plasma gas flow rate $G_w = 0.04$ g/s.

Ключевые слова: полульняная, парусина, неравновесная низкотемпературная плазма, механические свойства, разрывная нагрузка, наноструктурирование, материал, специальная одежда, водупорная, огнестойкая, пропитки.

Keywords: semi-linen, canvas, non-equilibrium low-temperature plasma, mechanical properties, breaking load, nanostructuring, material, special clothing, waterproof, fire-resistant, impregnations.

Проблема повышения качества полульняной парусиновой ткани носит сложный комплексный характер и включает в себя множество различных аспектов, из которых прежде всего выделяют технологический и экономический. Практически нет ни одной

отрасли тяжелой промышленности, где в том или ином виде не использовались бы полульняные парусиновые материалы для спецодежды. Причем качество текстильных материалов во многом определяет срок эксплуатации спецодежды [1].

Для спецодежды особо выделяют группу показателей надежности. Эта группа объединяет физико-механические свойства (разрывную нагрузку, относительное разрывное удлинение, стойкость к истиранию и т.д.). Все они определяют эффективность деятельности человека при взаимодействии с изделиями и характеризуются, например, прочностью и формоустойчивостью спецодежды [2].

Повышение качества полулунных парусиновых материалов для спецодежды является нелегкой задачей, реализация которой основывается на применении нанотехнологий, которые связаны с воздействием потока неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления для улучшения их механических свойств [3].

Поскольку плотная и жесткая парусиновая ткань используется для пошива костюмов для сварщиков, сталеваров, металлургов, специалистов химической промышленности, которые подвергаются в процессе их эксплуатации воздействию высокой температуры; капли раскаленного металла, различные агрессивные среды. Поэтому качественная специальная одежда из парусины должна полностью выдерживать механические нагрузки и деформации, материал должен отлично выдерживать резкие скачки температуры и другие негативные воздействия погодных условий; обладать повышенной износостойкостью; отличаться высоким уровнем гигроскопичности и огнестойкости [4].

На основе анализа литературы выявлено, что техническая ткань наделана еще и высокой воздухопроницаемостью, которая позволяет создать оптимальный климат, ведь часто именно этот параметр важен при изготовлении изделий из брезента. Парусина характеризуется низкой гигроскопичностью, благодаря ей влага не попадает на

тело через спецодежду. Брезент имеет широкую цветовую гамму, но основной его цвет – хаки. Для производства брезентового материала используются смеси хлопчатобумажной и льняной пряжи. Это ткань, которая производится способом полотняного переплетения из плотных скрученных волокон. Обычно в качестве сырья применяют хлопок, лен или джут. Для того чтобы материал приобрел определенные качества, его пропитывают специальным синтетическим составом, который также защищает полотно от гниения [5], [6].

С целью улучшения светопроочной комбинированной пропитки повышенной водоупорности для защиты текстильных материалов спецодежды от гниения используются различные физико-химические методы модификации [7].

Одним из основных направлений улучшения качества текстильных материалов для спецодежды является повышение ее водоупорности, прочности, относительного разрывного удлинения и износостойкости, так как механические свойства увеличивают срок службы специальной одежды. В связи с изложенным повышение механических свойств полулунных тканей для спецодежды, является актуальным и представляет научный и практический интерес.

В данной работе приведены результаты исследования влияния потока ННТП пониженного давления на механические свойства текстильных материалов для специальной одежды, которые изготавливались из контрольных и наноструктурированных образцов с содержанием льняных и хлопковых волокон.

В качестве объектов исследования выбран ассортимент полулунной парусины различной плотности, применяемый при изготовлении спецодежды, характеристики которых представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %		Вес, г/м ²	Переплетение	Пропитка
			лен	хлопок			
1	Полулунная парусина (образец 1)	11292	50	50	550	полотняное	светопроочная комбинированная пропитка
2	Полулунная парусина (образец 2)	11293	59	41	450	полотняное	повышенной водоупорности, огнестойкая

Модификация опытных образцов полульняной парусины осуществлялась на уникальной полупромышленной плазменной установке периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3", где проводилось наноструктурирование материалов с использованием вакуумной камеры и двух ВЧ электродов. В камере создавалось пониженное давление и происходила модификация в потоке ННТП, не превышающая температуру 80 градусов в сети переменного тока напряжением 380/220 В ± 5%, частотой 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали воздух [8].

Варьирование входных параметров плазменной установки, к которым относятся: мощность разряда (W_p) осуществлялось в диапазоне от 1,0 до 4,5 кВт, расход плазмообразующего газа (G) от 0 до 0,06 г/с, давление в вакуумной камере (P_k) от 13 до 53 Па и время обработки (τ) от 1 до 3 м/минут, мощность потребляемая установкой ($P_{потр.}$) от 1,0 до 5,0 кВт.

Наноструктурирование опытных образцов текстильного материала "Парусина полульняная суровая" проводилось на образцах с содержанием 50% льна и 50% хлопка, артикул 11292 (образец 1) и 59% льна и 41% хлопка, артикул 11293 (образец 2).

После плазменного наноструктурирования суровой полульняной парусины для спецодежды проводились последующие отделочные операции технологического процесса, в том числе крашение, светопрочная комбинированная пропитка для придания тканям повышенной водупорности и огнестойкости (табл. 1). Для этого образцы текстильного материала пропитывали различным химическим составом, в зависимости от их функционального назначения. Поскольку полученные опытные образцы текстильных материалов для спецодежды, прежде всего, должны соответствовать требованиям безопасности труда ГОСТ Р EN 340-210 (EN 340:2003) [8].

Для обеспечения комфортной работы и защиты от опасных факторов на металлургических и химических производствах спецодежда должна обладать не только водупорностью и огнестойкостью, но и необходимыми механическими свойствами.

При этом полульняная парусина для спецодежды не должна разрушаться. Сведения о безопасности опытных образцов спецодежды из разрабатываемых материалов подлежали проверке. Для этого осуществлялась оценка их качественных характеристик после наноструктурирования в потоке ННТП пониженного давления, в процессе которой определялся уровень сохранения механических свойств опытных образцов спецодежды из разрабатываемых материалов.

Одним из основных показателей, определяющих механические свойства наноструктурированных полульняных парусиновых тканей для специальной одежды с содержанием хлопковых и льняных волокон являлись разрывная нагрузка, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию. Определение разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения в контрольных и наноструктурированных опытных образцах полульняной парусины проводилось при одноосном растяжении материалов, согласно ГОСТ 3813–72 [9].

Проведено исследование разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения наноструктурированных опытных образцов полульняной парусины для спецодежды после воздействия потока ННТП пониженного давления.

Максимальную нагрузку при растяжении опытных контрольных и наноструктурированных образцов полульняной парусины для спецодежды определяли на разрывной машине МТ110-5. Испытания проводили до разрушения на 5 опытных образцах, затем определяли среднее значение полученных результатов.

На рис. 1 и 2 представлены диаграммы изменения разрывной нагрузки (по основе 1 и утку 2) изготовленных контрольных и наноструктурированных образцов полульняной парусины для спецодежды из разрабатываемых материалов. Параметры наноструктурирования: давление в вакуумной камере (P_k) = 20-21 Па; мощность разряда (W_p) = 3,5-4,0 кВт; время воздействия плазмой (τ)=1м/мин; расход плазмообразующего газа ($G_{возд}$)=0,04 г/с.

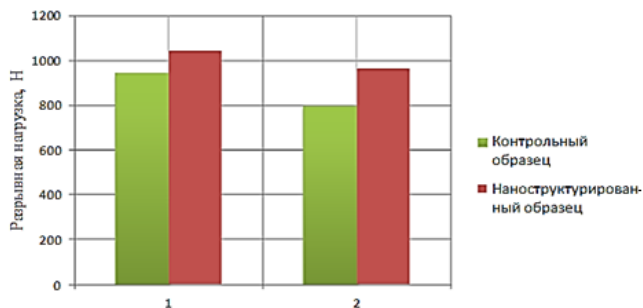


Рис. 1

Как видно из рис. 1, в опытных образцах полульняной парусины для спецодежды из наноструктурированных материалов с содержанием 50% льна и 50% хлопка, артикул 11292 (образец 1), разрывная нагрузка по основе увеличилась на 14,58%, а по утку повысилась на 22,5% относительно контрольных образцов.

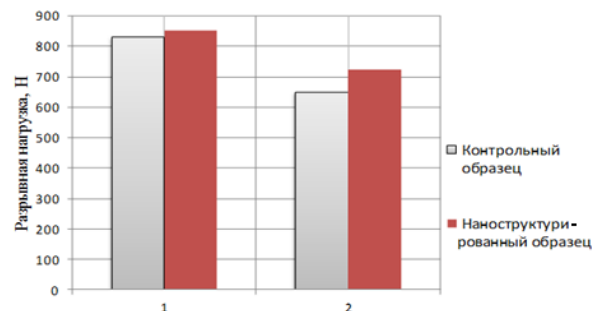
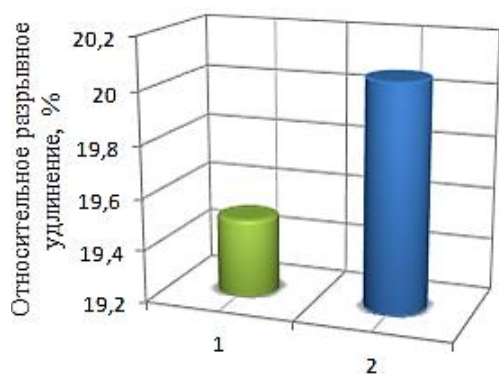
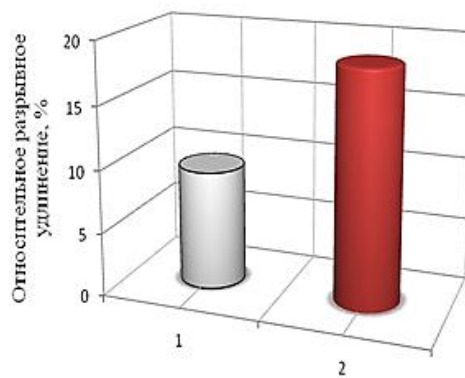


Рис. 2

Исследования текстильных материалов для спецодежды из полульняной парусины с огнестойкой и водоупорной пропиткой (образец 2) показали, что разрывная нагрузка наноструктурированных образцов увеличилась соответственно на 4,0 % и на 9,23% относительно контрольных образцов (рис. 2).



а)



б)

Рис. 3

Если проанализируем результаты исследований образцов полульняной парусины для спецодежды по относительному разрывному удлинению образцов 1 (рис. 3-а) и 2 (рис. 3-б), в результате этого получим их увеличение по основе и утку в наноструктурированных образцах 1 соответственно на 19,4% и 20,1%, а в наноструктурированных образцах 2 по основе на 8,0% и утку на 17% относительно контрольных образцов без плазменной обработки.

Чтобы полностью оценить надежность материалов при эксплуатации спецодежды были проведены исследования стойкости к истиранию. Величина стойкости к истира-

нию на изгибах и поверхности полульняной парусины для спецодежды измерялась с помощью прибора типа МТ191 на контрольном образце и образце, наноструктурированном в потоке ННТП пониженного давления [10].

На основе проведенных исследований установлено, что после наноструктурирования ННТП стойкость к истиранию опытных образцов 1 и 2 увеличивается. Результаты исследований образцов полульняной парусины для спецодежды от параметров наноструктурирования ННТП соответственно представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Мощность разряда W_p , кВт	Стойкость к истиранию, циклы при давлении в вакуумной камере P_k , Па			
	$P_k = 18$	$P_k = 20$	$P_k = 21$	$P_k = 22$
2,0	2420	2550	2570	2350
2,5	2560	2630	2640	2470
3,0	2690	2750	2760	2520
3,5	2700	2800	2800	2650
4,0	2650	2730	2740	2520
4,5	2600	2680	2600	2450
Контрольный образец	750			

Таблица 3

Мощность разряда W_p , кВт	Стойкость к истиранию, циклы при давлении в вакуумной камере P_k , Па			
	$P_k = 18$	$P_k = 20$	$P_k = 21$	$P_k = 22$
2,0	2320	2450	2470	2250
2,5	2460	2530	2540	2370
3,0	2590	2650	2660	2420
3,5	2600	3000	3000	2550
4,0	2550	2630	2640	2420
4,5	2500	2580	2500	2350
Контрольный образец	700			

На основе полученных результатов исследований опытных образцов и анализа табл. 2 и 3 установлено, что стойкость к истиранию текстильного материала "Парусина полульняная суровая" с водоупорной и огнезащитной отделкой максимально увеличивается в определенном режиме наноструктурирования ткани: $P_k=20...21$ Па; $W_p=3,5$ кВт; $\tau=1$ м/мин; $G_{возд}=0,04$ г/с. Стойкость к истиранию опытных образцов тканей с содержанием 50% льна и 50% хлопка, артикул 11292 (образец 1) составляет 2800 циклов, а в контрольных образцах 750 циклов. При этом в образце 2 с содержанием 59% льна и 41% хлопка, артикул 11293 соответственно 3000 циклов и 700 циклов, что превышает требования ГОСТ не менее 600 циклов. Стойкость к истиранию после воздействия потока ННТП пониженного давления увеличивается в ткани "Парусина полульняная суровая" (образец 1) в 3,7 раз, а в образце 2 в 4,28 раза относительно контрольных образцов.

Таким образом, в образцах полульняной парусины для спецодежды, артикул 11292 и 11293 механические свойства в наноструктурированных опытных образцах увеличиваются за счет конформационных изменений макромолекул целлюлозы, вследствие

чего происходит усиление межмолекулярных водородных связей между гидроксильными группами, что приводит к уплотнению надмолекулярной структуры хлопковых волокон.

ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные опытные образцы текстильного материала для спецодежды "Парусина полульняная суровая" прежде всего соответствуют требованиям безопасности средств индивидуальной защиты, обладают повышенной износостойкостью и защищают от различных загрязнений, брызг и искр от расплавленного металла, особенно это касается рабочих металлургических и сталеплавильных предприятий, нефтяников и тех, кто работает на взрыво- и пожароопасном производстве. Полученная полульняная парусина для спецодежды на основе применения метода наноструктурирования потоком ННТП пониженного давления способна повышать разрывную нагрузку от 4,0 до 14,58% (по основе) и от 9,23 до 22,5% (по утку); относительное разрывное удлинение от 8,0 до 19,4% (по основе) и от 17,0 до 20,1% (по утку); при этом стойкость к истиранию уве-

личивается в 3,7 и 4,2 раза относительно контрольных образцов.

При этом материал "Парусина полульняная суровая" достигает максимальных механических показателей при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=20...21$ Па, времени воздействия $\tau=1$ м/мин, мощности разряда $W_p = 3,5$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{\text{возд.}} = 0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Додонкин Ю.В., Кирюхин С.М. Ассортимент, свойства и оценка качества тканей. – М.: Легкая индустрия, 1973.

2. Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова Э.А. Анализ влияния физико-механических факторов модифицированных текстильных материалов на формы проектируемых моделей одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 6. С. 93...97.

3. Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф. Влияние потока плазмы на повышение физико-механических свойств технических материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 56...62.

4. Парусина [Электронный ресурс] URL: <https://armma.ru/brezent/?ysclid=l71tou91w1428906684> (дата обращения: 01.06.22)

5. Бузов Б.А., Модестова Т.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение швейного производства. – М.: Изд. центр "Академия", 2013.

6. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование. – М.: Информ-знание, 2002.

7. Хамматова В.В., Разумеев К.Э. Разработка промышленной технологии наноструктурирования текстильных материалов для производства многофункциональной одежды специального назначения. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016.

8. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г. Анализ методов оценки огнезащитных свойств текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 4. С. 75...81.

9. 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, 01.09.1990, 01.06.1992. (ИУС 4-82, 12-90, 9-92). – М.: Изд-во стандартов, 1973.

10. ГОСТ 9913-90 (СТ СЭВ 5784-86) "Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию". – М.: Изд-во стандартов, 1990.

REFERENCES

1. Dodonkin Yu.V., Kiryukhin S.M. Assortment, properties and evaluation of the quality of fabrics. – М.: Light industry, 1973.

2. Khammatova V.V., Gainutdinov R.F., Khammatova E.A. Analysis of the influence of physico-mechanical factors of modified textile materials on the forms of designer clothing models // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 6. P. 93...97.

3. Khammatova V.V., Gainutdinov R.F. Effect of plasma flow on improving the physical and mechanical properties of technical materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №6. P. 56 ... 62.

3. Spiridonova V.G., Tsirkina O.G. Evaluating method analysis of fire-resistant properties of textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №4. P.75...81.

4. Canvas [Electronic resource] URL: <https://armma.ru/brezent/?ysclid=l71tou91w1428906684> (date of reference: 01.06.22)

5. Buzov B.A., Modestova T.A., Alymenkova N.D. Materials science of sewing production. – М.: Publishing center "Academy", 2013.

6. Zhivetin V.V., Ginzburg L.N., Olshanskaya O.M. Flax and its complex use // Moscow: Inform-znanie, 2002.

7. Khammatova V.V., Razumeev K.E. Development of industrial technology of nanostructuring of textile materials for the production of multi-functional clothing for special purposes. – Kazan: Publishing House of KNIU, 2016.

8. Spiridonova V.G., Tsirkina O.G. Analysis of methods for assessing the flame-retardant properties of textiles materials// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 4. P. 75...81.

9. GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) Textile materials. Fabrics and piece goods. Methods for determination of tensile breaking characteristics (with amendments № 1, 2, 3). – Entered on 01.01.1973, reapproved 01.01.1982, 01.09.1990, 01.06.1992 (IUS 4-82, 12-90, 9-92). –М.: Publishing house of standards. – 1973.

10. GOST 9913-90 (ST SEV 5784-86) "Textile materials. Methods for determining abrasion resistance". – М.: Publishing House of Standards, 1990.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 05.10.22.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИЗНАШИВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЭЛАСТИЧНЫХ КОМПРЕССИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

INVESTIGATION OF THE WEAR KINETICS OF MEDICAL ELASTIC COMPRESSION PRODUCTS

С.В. ПЛЕХАНОВА, Н.А. ВИНОГРАДОВА

S.V. PLEKHANOVA, 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: Lisa-xumuk1@yandex.ru

В последнее время все более актуальными становятся медицинские компрессионные трикотажные изделия, нормализующие кровообращение и способствующие восстановлению после перенесенного оперативного лечения. При использовании эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий происходит процесс изнашивания. Для продукции медицинского назначения, помимо соответствия нормам стандарта нового изделия, важным является вопрос сохранения свойств в процессе эксплуатации для оказания лечебного воздействия. Актуальной является задача изучения постепенного изменения свойств компрессионных чулочно-носочных изделий, а именно кинетики их изнашивания. Проведено исследование сохранения свойств показателей качества медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий сверх гарантийного срока, установленного производителем.

Recently, medical compression knitwear that normalizes blood circulation and promotes recovery after surgical treatment has become increasingly relevant. When using elastic compression hosiery, the process of wear occurs. For medical products, in addition to compliance with the standards of the new product standard, it is important to preserve the properties during operation to provide therapeutic effects. An urgent task is to study the gradual change in the properties of compression hosiery, namely the kinetics of their wear. A study of the preservation of the properties of quality indicators of medical elastic compression hosiery products over the warranty period established by the manufacturer was carried out.

Ключевые слова: медицинские эластичные компрессионные изделия, чулочно-носочные изделия, изнашивание, кинетика изнашивания, гарантийный срок, класс компрессии.

Keywords: medical elastic compression products, hosiery, wear, wear kinetics, warranty period, compression class.

В современных условиях в связи с большой распространенностью хронических заболеваний вен нижних конечностей акту-

альна их профилактика и лечение, в том числе применение специального трикотажа профилактического и лечебного класса

компрессии [1...3]. К эластичным компрессионным чулочно-носочным изделиям медицинского назначения предъявляются требования, регламентируемые нормативной документацией (ГОСТ Р 58236) [4]. В работе [5] проведено исследование физико-механических свойств медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий. При использовании текстильных изделий обычно происходит ухудшение их свойств или постепенное разрушение под действием различных причин-факторов, т.е. процесс изнашивания [6]. Этот процесс характерен и для эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий. Для продукции медицинского назначения, помимо соответствия нормам стандарта нового изделия, важным является вопрос сохранения свойств в процессе эксплуатации для оказания лечебного воздействия [7]. Таким образом, актуальной является задача изучения постепенного изменения свойств компрессионных чулочно-носочных изделий, а именно кинетики их изнашивания, и сохранения на должном уровне основных показателей назначения и надежности [8].

Кроме того, заслуживает внимания следующая проблема. Производитель дает гарантийный срок сохранения компрессионных свойств – 6 месяцев, т.е. в течение этого пе-

риода изделие будет приносить ожидаемый эффект лечения. После истечения срока необходимо приобретать новый товар. Но среди потребителей и некоторых медицинских работников бытует мнение, что при использовании товара после истечения гарантийного срока, который дает производитель, должный эффект лечения продолжается [9]. Тем более, что производитель дает гарантию сохранения компрессионных свойств при ежедневном использовании, а потребитель может использовать изделие не ежедневно. Таким образом, по мнению потребителя, продолжительность использования чулочно-носочных изделий продлевается.

Целью работы является исследование кинетики изнашивания медицинских эластичных компрессионных чулочно-носочных изделий.

В работе 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 (табл. 1 – характеристика объектов исследования).

Таблица 1

Образец	Срок эксплуатации	Сырьевой состав	Вид переплетения	Модель
1	Новое изделие	61% полиамид, 39% эластан	кулирная гладь	Mediven elegance
2	6 месяцев			
3	8 месяцев			
4	1 год			
5	2 года			

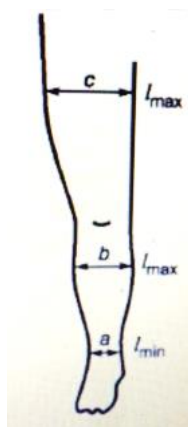


Рис. 1

В соответствии с ГОСТ Р 58236–2020 исследование свойств чулочно-носочных изделий медицинского назначения в работе проводилось по следующим показателям: растяжимость, рабочая растяжимость, поверхностная плотность, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, класс компрессии и подтверждение обеспечения распределенного давления, остаточная деформация [4].

При исследовании показателей необходимо измерять значение каждого из них в трех местах: область щиколотки (а), сере-

дина голени (b) и в области середины бедра (c) (рис. 1 – типовые контролируемые участки – a, b, c; l_{max} , l_{min} – максимальная и минимальная длина участка соответственно).

Исследование трикотажных изделий заключалось в проведении испытаний и срав-

нении полученных результатов с нормированными значениями показателей в соответствии с ГОСТ Р 58236. Результаты исследования компрессионных чулочно-носочных изделий представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя	Расположение	Результаты испытаний образцов					Норма
		1	2	3	4	5	
Растяжимость, %	c	256	257	228	292	244	не менее 80
	b	296	253	282	256	266	
	a	311	230	209	253	279	
Рабочая растяжимость, %	c	74	-66	-67	-67	-68	не менее 30
	b	70	-56	-63	-63	-65	
	a	60	-59	-69	-69	-69	
Поверхностная плотность, г/м ²	c	217	213	212	205	207	не менее 200
	b	249	247	235	248	232	
	a	256	252	236	238	249	
Разрывная нагрузка, Н	c	123	122	115	122	120	не менее 88,2
	b	149	141	110	145	137	
	a	152	145	147	140	141	
Разрывное удлинение, %	c	431	489	365	542	394	не менее 80
	b	582	487	468	581	519	
	a	658	520	554	568	575	
Класс компрессии, подтверждение обеспечения распределенного давления, мм рт. ст.	c	12	8	7	6	4	от 22 до 32
	b	22	14	8	8	7	
	a	32	25	23	22	17	
Остаточная деформация при растяжении, %	c	0	2	3	7	8	не более 10
	b	0	1	1	5	5	
	a	0	1	1	3	4	

Значения показателей качества: растяжимость, поверхностная плотность, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, остаточная деформация при растяжении всех исследуемых образцов чулочно-носочных изделий медицинского назначения незначительно ухудшились по сравнению с новым изделием, и после использования изделий сверх рекомендованного производителем гарантийного срока соответствуют нормам ГОСТ Р 58236. Причем даже после двух лет эксплуатации по показателю "разрывная нагрузка" превышение норм стандарта составляет 1,4...1,6 раз, по показателю "растяжимость" – 3,1...3,5 раз.

Рабочая растяжимость медицинского эластичного компрессионного изделия – значение растяжимости, вычисленное в процентах, при котором медицинское изделие начинает оказывать лечебно-профилактическое воздействие (давление) на органы и ткани человека [4].

Значения рабочей растяжимости после 6 месяцев использования чулочно-носочных изделий не удовлетворяют требованиям стандарта (меньше в 1,9...2,3 раза). Это означает, что изделия не оказывают необходимого лечебно-профилактического воздействия на органы и ткани человека уже после 6 месяцев эксплуатации.

По результатам исследований класса компрессии и подтверждения обеспечения распределенного давления можно отметить следующее.

Класс компрессии, определяемый путем измерения давления на контролируемом участке, где медицинское эластичное компрессионное изделие оказывает максимальное давление (по линии щиколотки), соответствует диапазону давлений, характерному для конкретного класса компрессии, для образцов 1, 2, 3 и 4. Причем отмечается значительное падение давления в районе щиколотки к 6 месяцам эксплуатации изделия.

Для подтверждения обеспечения распределенного давления значение, полученное для контролируемого участка, на котором медицинское эластичное компрессионное изделие оказывает максимальное давление, сравнивают со значениями, полученными для других контролируемых участков.

Должны быть соблюдены следующие процентные соотношения: медицинские эластичные компрессионные чулки оказывают на ноги максимальное давление (100%) в области щиколоток (контролируемый участок по линии а, указанной на рис. 1), от 60 до 70 % – на середине голени (контролируемый участок по линии b, указанной на рис. 1) и от 30 до 40 % – на середине бедра (контролируемый участок по линии с, указанной на рис. 1) [4].

Процентные соотношения давления на контролируемые участки соблюдены только для новых медицинских эластичных компрессионных чулок. Начиная с 6 месяцев эксплуатации, рекомендуемые стандартом пропорции не соблюдаются. Подтверждение обеспечения распределенного давления, которое является важным показателем в лечебных компрессионных изделиях, не соблюдается (отсутствует), а, значит, эффект лечения уже не происходит, и дальнейшее использование чулочно-носочных изделий медицинского назначения для потребителя не приведет к ожидаемому результату [10].

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, с точки зрения сохранения лечебных свойств малоэффективно. Следует доверять рекомендациям производителей, профессионалам в этой области [11].

ВЫВОДЫ

Значения показателей качества: растяжимость, поверхностная плотность, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, остаточная деформация при растяжении всех

исследуемых образцов чулочно-носочных изделий медицинского назначения после использования изделий сверх рекомендованного производителем гарантийного срока соответствуют нормам ГОСТ Р 58236.

Показатели рабочей растяжимости после 6 месяцев использования чулочно-носочных изделий не удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 58236.

Класс компрессии соответствует диапазону давлений, характерному для конкретного класса компрессии, для исследуемых образцов чулочно-носочных изделий медицинского назначения.

Подтверждение обеспечения распределенного давления, которое является важным показателем в лечебных компрессионных изделиях, для образцов медицинских чулочно-носочных изделий по истечении гарантийного срока сохранения компрессионных свойств не соблюдается.

Использовать медицинские эластичные компрессионные чулочно-носочные изделия сверх гарантийного срока сохранения компрессионных свойств, установленного производителем, с точки зрения сохранения лечебных свойств малоэффективно.

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. Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю. Материаловедение: традиции, достижения, перспективы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №4. С. 31...36.
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. ГОСТ Р 58236–2020. Изделия медицинские эластичные компрессионные. Общие технические требования. Методы испытаний.
5. Плеханова С.В., Строганова Ю.А., Виноградова Н.А. Исследование свойств медицинских эластичных компрессионных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 5. С. 73...78.

6. *Виноградова Н.А.* Кинетика изнашивания тканей специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 3. С.61...64.

7. *Виноградова Н.А., Плеханова С.В., Плеханов А.Ф.* Повышение уровня качества формализации медицинских изделий // Перспективы науки. – 2020, №9 (132). С. 36...39.

8. *Кiryukhin С.М., Плеханова С.В.* Оценка, контроль и управление качеством текстильных материалов. – Санкт-Петербург: Лань, 2022.

9. *Виноградова Н.А., Плеханова С.В., Плеханов А.Ф.* Анализ биоцидных препаратов и методов их придания тканям медицинского назначения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2020, №8. С. 152...156.

10. *Кiryukhin С.М., Плеханова С.В.* Особенности оценки качества текстильных материалов // Дизайн и технологии. – 2017, № 60 (102). С. 61...69.

11. *Кiryukhin С.М., Плеханова С.В.* Экспертные методы при оценке качества тканей // Дизайн и технологии. – 2019, № 71 (113). С. 63...70.

REFERENCES

1. *Plekhanova S.V., Vinogradova N.A., Stroganova Yu.A.* Analysis and harmonization of regulatory documentation requirements for medical elastic compression products made of chemical fibers and threads // International Journal of medicine and psychology. – 2021. Volume 4, №1. P. 142...147.

2. *Gusev B. N., Matrokhin A. Yu.* Material science: traditions, achievements, prospects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. – 2018, № 4. P. 31...36.

3. *Marinkina M.A., Zimina M.V., Chagina L.L., Bogatyreva M.S., Smirnova N.A., Protalinsky S.E.* Development of a method and device for determining the

pressure of compression knitwear on the human body // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. – 2021, № 3. P. 60...67.

4. GOST R 58236-2020. Medical elastic compression products. General technical requirements. Test methods.

5. *Plekhanova S.V., Stroganova Yu.A., Vinogradova N.A.* Investigation of the properties of medical elastic compression products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. – 2021, № 5. P. 73...78.

6. *Vinogradova N. A.* Kinetics of wear of special purpose fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. – 2019, № 3. P. 61...64.

7. *Vinogradova N.A., Plekhanova S.V., Plekhanov A.F.* Improving the quality level of formalization of medical devices // Prospects of science. Tambov – 2020, № 9 (132). P. 36...39.

8. *Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V.* Assessment, control and quality management of textile materials. – St. Petersburg: Lan, 2022.

9. *Vinogradova N.A., Plekhanova S.V., Plekhanov A.F.* Analysis of biocidal preparations and methods of their imparting to medical tissues // Modern Science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences. – 2020, № 8. P. 152...156.

10. *Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V.* Features of quality assessment of textile materials // Design and Technology. – 2017, № 60 (102). P. 61...69.

11. *Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V.* Expert methods for assessing the quality of tissues // Design and technology. – 2019, № 71 (113). P. 63...70.

Поступила 04.10.22.

УДК 677.021.17

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_83

**ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРЯЖИ
РАЗЛИЧНОГО ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА**

**CHANGES IN THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF YARN
OF DIFFERENT FIBROUS COMPOSITION**

А.А. АБДУГАФФАРОВ, Т.А. ОЧИЛОВ, З.Ф. ВАЛИЕВА, С.С. ГАФУРОВА, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ
A.A. ABDUGAFFAROV, T.A. OCHILOV, Z.F. VALIEVA, S.S. GAFUROVA, A.R. KORABELNIKOV

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,
Джизакский политехнический институт, Республика Узбекистан,
Костромской государственный университет, Россия)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,
Jizzakh Polytechnic Institute, Republic of Uzbekistan,
Kostroma State University, Russia)

E-mail: prostokar@yandex.ru

Статья посвящена анализу изменений физико-механических характеристик смесовой пряжи при небольших изменениях состава смеси. Установлено, что изменение состава смеси при неизменных настройках прядильного оборудования приводит к изменению крутки и к уменьшению прочностных характеристик пряжи, а также к повышению вариативности ее физико-механических свойств.

The article is devoted to the analysis of changes in the physical and mechanical characteristics of blended yarn with small changes in the composition of the mixture. It has been established that a change in the composition of the mixture with unchanged settings of the spinning equipment leads to a change in twist and a decrease in the strength characteristics of the yarn, as well as an increase in the variability of its physical and mechanical properties.

Ключевые слова: пряжа, смесовая пряжа, квадратическая неровнота по линейной плотности, квадратическая неровнота по крутке, квадратическая неровнота по удлинению при разрыве.

Keywords: yarn, mixed yarn, quadratic unevenness in linear density, quadratic unevenness in twist, quadratic unevenness in elongation at break.

Изменение волокнистого состава пряжи приводит к изменению ее характеристик. Традиционно считается, что изменения волокнистого состава смеси менее чем на 15% не вносят значительных изменений в качественные показатели пряжи. С развитием методов и приборов для измерения характеристик пряжи появилась возможность изучать это влияние более детально. Очень важно оценить не только изменения основных величин качественных показателей пряжи, но и их вариативность.

Неровнота характеристик продуктов прядения имеет сложную структуру. Она формируется на различных этапах технологического процесса и может быть вызвана как условиями обработки волокнистой массы в машинах и аппаратах [1], [2], условиями измерений [3], так и волокнистым составом продуктов прядения.

Для эффективного использования волокнистого сырья при производстве пряжи необходимо установить взаимосвязь между свойствами волокнистой массы и свойствами пряжи, полученной из них.

Коллективом авторов в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности и Джизакском политехническом институте были проведены исследования по определению неровноты пряжи, выработанной из различных смесей волокон. Пряжа выработывалась на одной и той же технологической линии, параметры настройки оборудования не менялись. Измерения проводились с помощью измерительного комплекса Uster. Измерения неровноты линейной плотности проводились на метровых отрезках. Полученные результаты приведены в табл. 1 (изменение показателей неровноты пряжи, выработанной из различных смесей).

Таблица 1

№ п/п	Показатели	Состав смеси, %				
		62,5% хлоп+37,5% лавсан	64,7% хлоп+35,3% лавсан	65,76% хлоп+34,24% лавсан	68,4% хлоп+31,6% лавсан	70,0% хлоп+30,0% лавсан
1	Линейная плотность пряжи, текс	26,4	25,9	25,9	25,9	25,9
2	Квадратическая неровнота по линейной плотности, %	1,4	1,9	2,2	2,5	3,2
3	Крутка пряжи, кр/м	776	782	689	728	743
4	Квадратическая неровнота по крутке, %	7,5	8,0	8,6	9,8	11,9

На рис. 1 приведена гистограмма изменения неровноты пряжи по линейной плотности и крутке, полученной из смесей различного состава.

В табл. 2 приведены изменения показателей вариативности по линейной плотности и крутке.

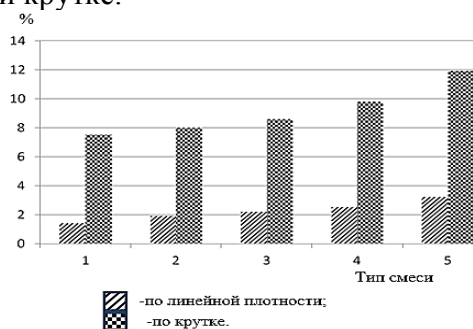


Рис. 1

Изменения состава пряжи можно считать небольшими, но, тем не менее, эти изменения оказывают влияние на неровноту пряжи по линейной плотности и крутке. Неровнота по обеим характеристикам возрастает с уменьшением доли лавсанового волокна в составе смеси. Это может быть вызвано различными параметрами взаимодействия волокна с рабочими органами машины, изменением параметров взаимодействия волокон в пряже, мычке или ленте, или другими причинами. Для определения причин этого явления необходимо изучение структуры распределения волокон по сечению пряжи, изучение изменчивости трибологических и физико-механических

свойств пряжи. При выработке пряжи малой линейной плотности линейная плотность волокна и количество волокон в по-

перечном сечении пряжи могут значительно влиять на показатели пряжи [4...6].

Т а б л и ц а 2

Показатели	62,5%хлопок+37,5% лавсан, приведены абсолютные значения, принятые за 100 %	64,7%хлопок + 35,3% лавсан	65,76% хлопок + 34,24% лавсан	68,4% хлопок+ 31,6% лавсан	70,0% хлопок + 30,0% лавсан
Квадратическая неровнота по линейной плотности	1,4%	+ 26,3%	+ 36,4%	+ 44,0%	+ 56,2%
Квадратическая неровнота по крутке	7,5%	+ 6,2%	+12,8%	+ 23,5%	+ 37,0%

Были проведены исследования по определению отдельных физико-механических свойств пряжи (табл. 3 – изменение физико-

механических свойств пряжи из различных смесей волокон).

Т а б л и ц а 3

№ п/п	Показатели	Состав смеси,%				
		62,5% хлопок + 37,5% лавсан	64,7% хлопок+35,3% лавсан	65,76% хлопок+34,24% лавсан	68,4% хлопок +31,6% лавсан	70,0% хлопок +30,0% лавсан
1	Разрывная нагрузка пряжи, сН	364,16	337,63	335,53	326,69	303,15
2	Удельная разрывная нагрузка пряжи, сН/текс	13,79	13,04	12,95	12,61	11,70
3	Квадратическая неровнота по разрывной нагрузке пряжи, %	4,71	7,52	10,55	7,29	12,43
4	Разрывное удлинение пряжи, %	6,98	7,25	7,37	6,95	6,95
5	Квадратическая неровнота по разрывному удлинению, %	3,41	3,67	6,58	4,54	6,78
6	Работа разрыва пряжи, сН·см	603,56	561,35	563,18	537,18	491,97
7	Квадратическая неровнота по работе разрыва, %	8,15	9,66	17,38	11,22	17,16

По результатам исследования на графиках представлены изменения физико-меха-

нических свойств пряжи с разным содержанием волокон, рис. 2...5 и в табл. 4.

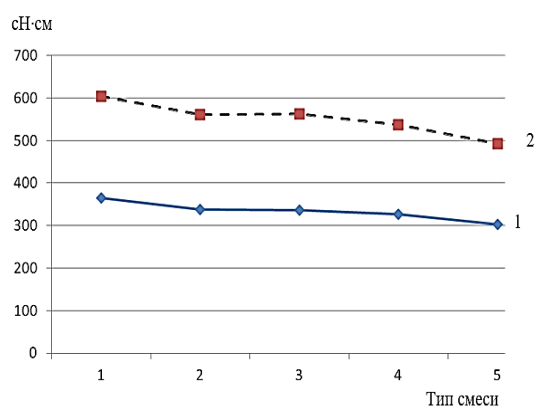


Рис. 2

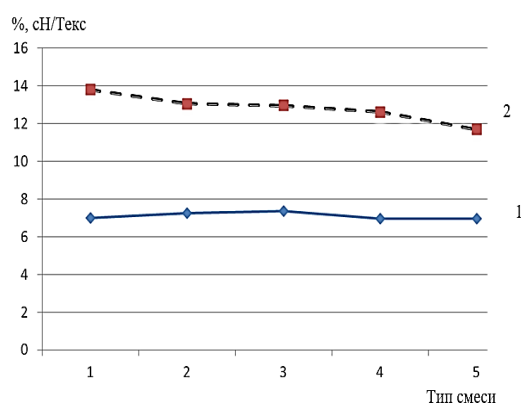


Рис. 3

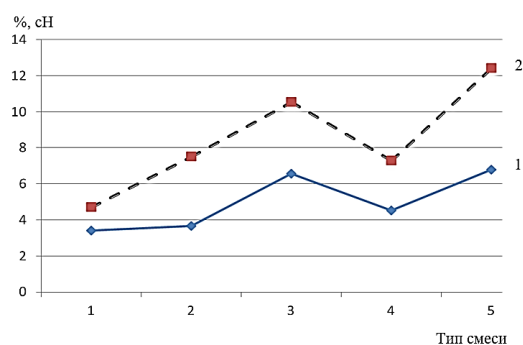


Рис. 4

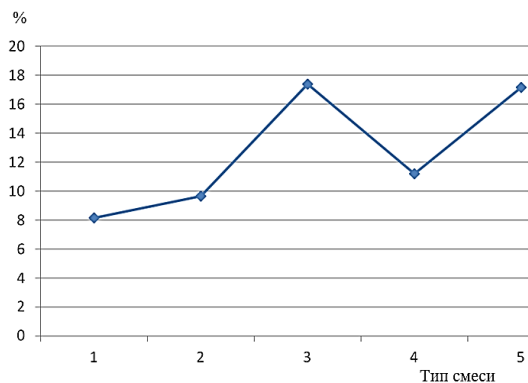


Рис. 5

Рис. 2 – изменение разрывной нагрузки и работы разрыва пряжи, полученных из различных смесей волокон; рис. 3 – изменение разрывного удлинения и удельной разрывной нагрузки пряжи, полученной из различных смесей волокон; рис. 4 – изменение квадратической неровноты по разрыв-

ному удлинению и разрывной нагрузке пряжи, полученной из различных смесей волокон; рис. 5 – изменение квадратической неровноты по работе разрыва пряжи, полученной из различных смесей волокон, где 1 – разрывное удлинение; 2 – удельная разрывная нагрузка.

Таблица 4

Показатели	62,5% хлопок+37,5% лавсан; приведены абсолютные значения, принятые за 100 %	64,7% хлопок + 35,3% лавсан	65,76% хлопок + 34,24% лавсан	68,4% хлопок + 31,6% лавсан	70,0% хлопок + 30,0% лавсан
Разрывная нагрузка	364,16 сН	-7,3%	- 7,9%	- 10,3%	- 16,8%
Удельная разрывная нагрузка	13,79 сН/текс	-5,4%,	-6,1%	- 8,6%	- 15,2%
Квадратическая неровнота по разрывной нагрузке	4,71 %	+ 37,4%	+ 55,4%	+ 35,4%	+ 62,1%
Разрывное удлинение	6,98 %	+ 3,7%	+ 5,3%	+ 0,14%	+ 0,4%
Квадратическая неровнота по разрывному удлинению	3,41 %	+ 7,1%	+ 48,2%	+ 24,9%	+ 50,0%
Работа разрыва	603,56 сН·см	-7,0%	- 6,4%	-10,9%	- 18,6%
Квадратическая неровнота по работе разрыва	8,15%	+15,6%	+ 53,1%	+ 27,%	+ 52,5%.

Из табл. 4 (относительные изменения показателей пряжи) видно, что уменьшение доли лавсановых волокон в смеси приводит к незначительному снижению прочностных характеристик пряжи и повышению уровня их вариативности, квадратичная неровнота по всем показателям увеличивается. Увеличение вариативности прочностных характеристик может быть связано как со строением самой пряжи, так и с необходимостью тонкой настройки оборудования даже при

незначительных изменениях составов смеси. В целом можно сказать, что небольшие изменения состава пряжи приводят к небольшим изменениям в прочностных характеристиках и изменениям вариативности этих величин на десятки процентов. Такое изменение вариативности может привести к снижению качества протекания последующих технологических процессов (кручения, перемотки, ткачества и др.).

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлено, что небольшие изменения состава хлопколавсановой пряжи приводят к небольшим изменениям крутки и, как следствие, изменению прочностных характеристик пряжи. Это явление сопровождается более интенсивным изменением вариативности прочностных характеристик, что может привести к повышенной обрывности на последующих переходах и к образованию пороков в конечной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурнашев Р.З., Очиллов Т.А., Муратова Д.А., Волкова О.В. Кинетика изменения показателей маскодлины хлопкового волокна в технологии прядения // Проблемы текстиля. – 2002, №2. С. 30...32.
2. Вихарев С.Н., Корабельников А.Р., Корабельников Р.В. Особенности подготовки короткоштапельного льняного волокна к утонению и очистке от сорных примесей по новому способу // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2007, № 15. С.24...26.
3. Skulanova N.S., Popova E.R. Theoretical calculation of strength and method of determining the stiffness of twisted yarn in torsion // Fiber chemistry. – Vol.45, № 2, July, 2013. P. 101...103.
4. Скуланова Н.С., Попова Е.Р., Артиков А.О. Проектирование прочности камвольной пряжи с вложением полиакрилонитрильных волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 1. С. 51...54.
5. Щербачков В.П., Скуланова Н.С., Дмитриев О.Ю., Цыганов И.Б., Попова Е.Р. Теория и расчет силовых факторов определяющих равновесную структуру крученной нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 1. С.156...161.

6. Корабельников Р.В., Корабельников А.Р. Об одной проблеме выделения крупных сорных примесей из волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 3. С. 29...33.

REFERENCES

1. Burnashev R.Z., Ochilov T.A., Muratova D.A., Volkov O.V. Kinetics of changes in the parameters of the mass-length of cotton fiber in spinning technology // Problems of textiles. – 2002, №2. P.30...32.
2. Viharev S.N., Korabelnikov A.R., Korabelnikov R.V. Short staple fibre preparation peculiarities to thinning and litter impurity clearance by new method // Vestnik Kostromskogo gosudarst-vennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2007, № 15. P. 24...26.
3. Skulanova N.S., Popova E.R. Theoretical calculation of strength and method of determining the stiffness of twisted yarn in torsion // Fiber chemistry, Vol.45, № 2, July, 2013 Pages 101-103.
4. Skulanova N.S., Popova E.R., Artikov A.O. Designing strength of worsted yarn with polyacrylonitrile fibers // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2013, № 1. P. 51...54.
5. Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Polyakova T.I., Skulanova N.S., Popova E.P. The theory and calculation of power factors determining an equilibrium structure of a twisted uarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2013, № 1. P. 156...161.
6. 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.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин КГУ. Поступила 04.10.22.

ОДНОПРОЦЕССНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ "САМОКРУЧЕНОЙ" СТРУКТУРЫ

SINGLE-PROCESS METHOD OF "SELF –TWIST" STRUCTURE FORMATION

А.А. ТЕЛИЦЫН, И.А. ДЕЛЕКТОРСКАЯ

A.A. TELITSYN, I.A. DELEKTORSKAYA

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: t.n.telicina@gmail.com

В статье показана возможность однопроцессного формирования "самокрученной" структуры в двухкомпонентном продукте. Процесс реализуется при помощи двух вьюрков, расположенных по схеме "air jet spinner". Сжатый воздух во вьюрки подается реверсивно. Дается объяснение процесса. Определены технологические режимы. Рекомендованы значения длин зон кручения.

The article shows the possibility of single-process formation of "self-twist" structure. The process is implemented by two nozzles installed according to the scheme "air jet spinner". There is a reverse feed of compressed air to the nozzles. An explanation of the process is given. Technological modes are defined. Torsion zones length values are recommended.

Ключевые слова: самокрученная структура, воздушный вьюрок, сжатый воздух, крутка, длина зоны кручения, реверсивный вьюрок.

Keywords: self-twist structure, air nozzle, compressed air, twist, torsion zone length, reversible nozzle.

Двухвьюрковый способ формирования пряжи и нитей был разработан с целью исключения подвижных механических элементов, таких как веретено и бегунок. Используется и другое название – способ "air jet spinning". В российской научно-технической литературе применяется также термин "Способ Мурата" по названию компании – изготовителя машин "Murata Machinery Ltd" (Япония).

Зона кручения волокнистой ленточки (мычки) по способу "air jet spinner" показана на рис. 1.

Между выпускной 1 и отводящей 2 парами расположены два пневматических вьюрка 3 и 4, в которые подается сжатый воздух, закручивающий волокнистую лен-

точку в противоположных направлениях. Пусть в зоне длиной L_1 продукт имеет направление крутки S .

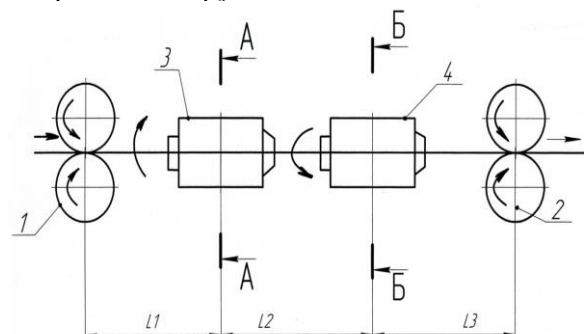


Рис. 1

На выходе из первого вьюрка 3 продукт имеет крутку Z . Затем получивший крутку

продукт проходит через второй пневматический вьюрок 4, сообщающий крутящий момент противоположного знака. Следовательно, между вьюрками в зоне длиной L_2 продукт имеет крутку Z двойной интенсивности, то есть $2Z$. На выходе из второго вьюрка 4 в зоне длиной L_3 продукт имеет также крутку Z . Эту же крутку имеет и готовый продукт, выходящий из выпускной пары 4. Прочность полученной пряжи определяют главным образом обвивающие волокна. Доля этих волокон зависит от ширины ленточки, выходящей из вытяжного прибора, и при выработке пряжи малой или средней линейной плотности их количество невелико. На машине "Murata Jet Spinner" производится пряжа 10...25 текс из ленты 2,5...3,2 текс, вырабатываемой из синтетических волокон или их смесей с хлопковыми. Скорость выпуска такой пряжи составляет 120...180 м/мин.

Опыт эксплуатации машин этого типа показывает, что при выработке пряжи из 100% хлопковых волокон, то есть довольно коротких, способ не обеспечивает технологически необходимую прочность пряжи. По этой причине в США, где доля смесок "хлопок + полиэфир" весьма велика, имеется довольно большое количество машин "Murata Jet Spinner", в то время как в Европе и Азии, где обрабатывается преимущественно чистый хлопок, способ не пользуется успехом.

Значительный вклад в развитие теории и практики использования нереверсивных вьюрков для формирования льняной пряжи внесен исследованиями Н.С. Кузнецовой. В работе [6] приведена математическая модель процесса кручения льняной пряжи при помощи нереверсивных вьюрков. В работах [7...10] рассмотрены частные теоретические и практические вопросы использования данного способа, в работе [11] показаны его области применения и высокая эффективность.

Поскольку авторы статьи долгое время занимались изучением аэродинамического самокруточного способа формирования пряжи и нитей, у них возник следующий вопрос: "А что будет, если в устройстве, реализующем способ "air jet spinner", приме-

нить реверсивные аэродинамические вьюрки?"

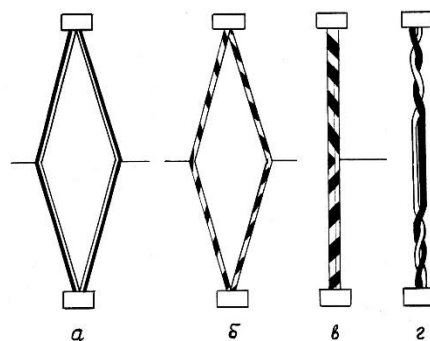


Рис. 2

Самокруточный (СК) способ формирования пряжи и нитей может быть проиллюстрирован следующим образом (рис. 2 – схема формирования СК-продукта в статике):

- а) – два отрезка нити равной длины закрепляются своими концами;
- б) – отрезки закручиваются в средних точках путем приложения крутящего момента T в одинаковом направлении;
- в) – оба отрезка соединяются, но не освобождаются от зажима в средних точках;
- г) – отрезки освобождены от зажима, происходит образование СК-продукта.

В результате оба закрученных участка СК-структуры имеют крутку, противоположную по знаку крутке прядей до их соединения. Процесс самопроизвольного раскручивания соединенных прядей продолжается лишь до тех пор, пока крутящий момент, создаваемый закрученными одиночными прядями, не будет уравновешен крутящим моментом, создаваемым деформациями растяжения и изгиба в СК-продукте.

Необходимыми условиями формирования СК-продукта являются:

1. Наличие в прядях, или хотя бы в одной из них, чередующейся знакопеременной крутки.
2. Наличие упругой составляющей в общей деформации прядей.
3. Наличие фрикционного контакта между прядями после их соединения.
4. Наличие условий для самопроизвольного раскручивания прядей друг на друга.

Как мы видим, при формировании СК-продукта можно выделить два основных процесса: первый – "формирование в пряжах первичной крутки" и второй – "формирование самокрученной структуры после соединения прядей".

Для получения в готовом продукте чередующейся знакопеременной крутки в отечественных машинах типа ПСК используются реверсивные аэродинамические вьюрки. СК-процесс, основанный на сообщении продукту переменной крутки, в основе своей является динамическим. С физической точки зрения кручение продукта вьюрком заключается в преобразовании кинетической энергии вьюрка в энергию деформации скручиваемого продукта.

Желая оценить структуру двухкомпонентной нити, получаемой двухвьюрковым способом, авторы провели следующий эксперимент. Два вьюрка были установлены последовательно в зоне между вытяжным и тянущим валами лабораторного стенда, имитируя "схему Мурата" согласно рис 1. В качестве вьюрков были использованы реверсивные крутильные камеры серийной прядильной самокруточной машины. На рис.3 показаны поперечные разрезы вьюрков.

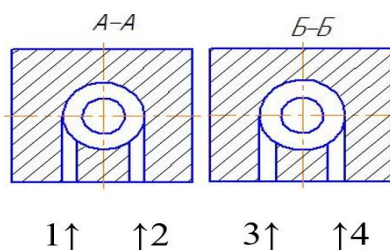


Рис. 3

Для того чтобы исключить "эффект обвивающих волокон" и оценить крутильную способность самого устройства, в качестве питающего продукта были взяты две хлопчатобумажные нити линейной плотности 25 текс контрастных цветов [1...3].

Длины зон кручения составили: $L_1 = 48$ мм, $L_2 = 52$ мм, $L_3 = 50$ мм. Значение нагона в зоне кручения ($L_1 + L_2 + L_3$) принималось равным 13%. Формирование сдвоенного продукта производилось на скорости 200 м/мин. Давление сжатого воздуха во вьюрках составляло 0,25 МПа.

При наработке образца контрольного варианта сжатый воздух подавался в сопловые каналы 1 и 4 вьюрков постоянным потоком в противоположном направлении, как показано стрелками на рис.1, что соответствует "схеме Мурата". В результате эксперимента был получен сдвоенный продукт с очень низким значением крутки – не более 40 кручений на метр. Такая крутка характерна, скорее, для ровницы, чем для пряжи. Этим и объясняется невысокая прочность "двухвьюрковой пряжи", определяемая главным образом наличием обвивающих волокон. Полученному образцу был присвоен номер 1.

Далее в процессе исследования было решено изменить схему подачи сжатого воздуха во вьюрки на реверсивную. Она заключается в следующем. В сопловые каналы 1 и 2, 3 и 4, показанные на рис. 3, подаются импульсы сжатого воздуха, имеющие одинаковую продолжительность. При этом одновременно импульсы сжатого воздуха подаются сначала в сопловые каналы 1 и 4, а затем без паузы в сопловые каналы 2 и 3, затем без паузы снова в сопловые каналы 1 и 4 и так далее. Применим для обозначения этой схемы термин "в противоход". Частота и продолжительность импульсов сжатого воздуха принималась такой же, как при производстве традиционной самокрученной пряжи на машинах ПСК-225-ШГ2 при длине периода крутки 180 мм (рис. 4 – общий вид традиционного самокрученного двухкомпонентного продукта). Оказалось, что полученный образец визуально имеет самокрученную структуру. Это поддается вполне очевидному объяснению. Ведь при реверсивной подаче сжатого воздуха во вьюрки в зоне L_2 двухкомпонентный продукт будет иметь чередующиеся участки S- и Z-крутки двойной интенсивности. И тогда в зоне L_3 продукт будет иметь чередующиеся участки S- и Z-крутки одинарной интенсивности, разделенные участками, на которых компоненты не скручены между собой (нулевыми зонами). Полученный двухкомпонентный продукт, как и традиционная самокрученная пряжа, по всей видимости, должен обладать свойством равновесности, поскольку излишняя упругая

составляющая крутки самоуничтожится за счет частичного самораскручивания участков S- и Z-крутки. Данному образцу был присвоен номер 2.

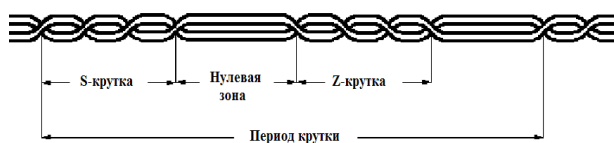


Рис. 4

Анализируя физико-механические показатели образцов 1 и 2, можно сделать следующий промежуточный вывод.

В устройстве с последовательным расположением вьюрков, за счет реверсивной подачи импульсов сжатого воздуха "в противоход", возможно получение двухкомпонентного продукта, визуально аналогичного традиционной самокрученной пряже. Это позволило увеличить количество кручений в двухкомпонентном продукте более чем в 3 раза.

Для определения влияния длин зон кручения L_1 , L_2 , L_3 на физико-механические свойства получаемого двухкомпонентного продукта были наработаны образцы с №3 по №7. Они также наработывались при реверсивной подаче сжатого воздуха "в противоход".

Изменяемые заправочные параметры стэнда и физико-механические показатели полученных образцов приведены в табл. 1. Постоянными величинами во всех опытах оставались:

- скорость формирования образцов – 200 метров в минуту;
- нагон в зоне формирования $H=13\%$;
- давление сжатого воздуха во вьюрках $P=0,25$ МПа.

Полученные результаты показывают, что соотношения длин зон кручения существенно влияют на структуру получаемого продукта. Наиболее стабильная структура была получена на образцах №4 и №5. Кроме того, на этих образцах длины "нулевых зон" имеют минимальные значения.

Таблица 1

Наименование параметров	Номер образца						
	1 (контрольный вариант)	2	3	4	5	6	7
L_1 , мм	48	48	44	44	44	67	61
L_2 , мм	52	52	69	52	63	46	52
L_3 , мм	50	50	37	54	43	37	37
Крутка, средняя K (кручений/метр)	40	100	112	119	126	118	108
Коэффициент вариации по крутке C_{vk} , %	38	29	25	18	16	23	32
Длина нескрученных участков минимальная, мм	20	18	15	14	15	15	19
Длина нескрученных участков максимальная, мм	35	57	34	21	19	38	51
Длина нескрученных участков средняя, мм	24	29	23	21	18	24	28

Данные эксперименты были проведены авторами впервые. Кроме того, не удалось найти в доступных источниках информацию о том, что подобный эксперимент проводился кем-либо из других исследователей.

В результате проведенного эксперимента установлено, что при реверсивной подаче сжатого воздуха в сопловые каналы двух вьюрков, расположенных по схеме Мурата, возможно получение двухкомпо-

нентной нити, визуально аналогичной традиционному самокрученному продукту. В полученной двухкомпонентной нити по ее длине располагаются зоны S- и Z-крутки, разделенные участками без крутки ("нулевыми зонами" по терминологии самокруточного процесса).

Другой вопрос в том, что по своей физической природе это совершенно другой процесс. Действительно, крутка, имеющаяся в сформированном классическом само-

крученом продукте, является вторичной по отношению к получаемой стренгами и образуется в результате самораскручивания стренг друг на друга.

В нашем случае при последовательном расположении вьюрков S- и Z- крутка полученного продукта образуется из круток 2S и 2Z, имеющих в зоне длиной L_2 и уменьшающихся далее примерно в 2 раза.

Имеют ли полученные результаты перспективу промышленного использования? Возможно, что такие перспективы со временем откроются. Во всяком случае, можно предположить применение разработанного нами способа в следующих процессах.

1. Получение пряжи из волокнистой ленточки (мычки) с более высоким уровнем крутки и соответственно с более высокими показателями прочности.

2. Формирование комбинированных нитей.

3. Формирование фасонных нитей.

4. Формирование эластичных нитей [4].

ВЫВОДЫ

1. Двухвьюрковый способ формирования нитей при реверсивной импульсной подаче сжатого воздуха в сопловые каналы позволяет получить продукт, аналогичный самокрученому, но имеющий иную природу.

2. Реверсивная импульсная подача сжатого воздуха в последовательно установленные вьюрки позволяет в 2...3 раза увеличить крутку продукта по сравнению с контрольным вариантом.

3. Определены длины зон кручения, позволяющие получить наиболее стабильную структуру двухкомпонентного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Делекторская И.А., Телицын А.А., Новиков С.В. Особенности формирования самокрученной структуры из готовых нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №3.

2. Телицын А.А., Новиков С.В., Делекторская И.А. Практическая реализация процессов трощения и кручения при помощи реверсивного аэродинамического вьюрка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №2.

3. Выскварко В.Г., Делекторская И.А., Телицын А.А., Филатова Н.И. Формирование самокрученного продукта из готовых нитей // Вестник НГИЭИ. – 2018, №4.

4. Телицын А.А., Делекторская И.А., Кешишян Х.Ш. Технология производства льняной ткани "стрейч" // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2009, №2.

5. Кузнецова Н.С. Динамика кручения пряжи при вьюрковом прядении // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С.47..51.

6. Кузнецова Н.С., Ильин Л.С. Исследование влияния давления во вьюрках на прочность льняной пряжи и крутку в зоне между вытяжной парой и верхним вьюрком // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С. 50...52.

7. Кузнецова Н.С. Динамика кручения пряжи при вьюрковом прядении // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С.47...51.

8. Кузнецова Н.С. Усовершенствование вьюркового способа получения льняной и смешанной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С. 79...82.

9. Кузнецова Н.С. Исследование физико-механических свойств вьюрковой пряжи, сформированной с применением трехвьюркового аэродинамического крутильного устройства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С.75...79.

10. Кузнецова Н.С., Жуков В.И., Телицын А.А. Механизм образования крутки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №1. С.58...63.

11. Кузнецова Н.С., Жуков В.И. Моделирование значения крутки вьюрковой пряжи на основе экспериментальных исследований // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №5. С.105...110.

12. Кузнецова Н.С., ШUTOVA А.Г., Жуков В.И. Эффективность вьюркового способа получения льняной пряжи мокрого прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №4. С. 68...73.

REFERENCES

1. Delektorskaya I.A., Telitsyn A.A., Novikov S.V. Features of the formation of a self-twisted structure from finished threads // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2004, №3.

2. Telitsyn A.A., Novikov S.V., Delektorskaya I.A. Practical implementation of the processes of warping and torsion using a reverse aerodynamic fin // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti., Ivanovo, № 2, 2005.

3. Vyskvarko V.G., Delektorskaya I.A., Telitsyn A.A., Filatova N.I. Formation of a self-twisted product from finished threads // Vestnik NGIEI. – 2018, № 4.

4. Telitsyn A.A., Delektorskaya I.A., Keshishyan H.Sh. Technology for the production of linen fabric

"stretch" // News of universities. Technology of light industry. – 2009, № 2.

5. Kuznetsova N.S. Dynamics of yarn twist during reel spinning // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2013, № 3. P.47...51.

6. Kuznetsova N.S., Ilyin L.S. Investigation of the influence of pressure in finches on the strength of linen yarn and twist in the area between the exhaust pair and the upper fin // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2011, №5. P. 50...52.

7. Kuznetsova N.S. Dynamics of yarn twist during reel spinning // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2013, № 3. P.47...51.

8. Kuznetsova N.S. Improvement of the finch method for obtaining linen and mixed yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 5. P. 79...82.

9. Kuznetsova N.S. Study of the physical and mechanical properties of the finch yarn formed using a

three-fin aerodynamic twisting device // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 5. P.75...79.

10. Kuznetsova N.S., Zhukov V.I., Telitsyn The mechanism of twist formation // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 1. P. 58...63.

11. Kuznetsova N.S., Zhukov V.I. Modeling the value of the twist of the finch yarn based on experimental studies // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 5. C.105...110.

12. Kuznetsova N.S., Shutova A.G., Zhukov V.I. Efficiency of the reel method for producing wet-spun linen yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 4. P. 68...73.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.10.22.

УДК 677.025

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_94

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНОЛОГИЮ РАБОТЫ НИТЕВОДОВ

**THE ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING
THE YARN FEEDERS OPERATION TECHNOLOGY**

Т.В. МУРАКАЕВА, Е.В.НИКОЛАЕВА

T.V. MURAKAEVA, E.V. NIKOLAEVA

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

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

E-mail: murakaeva-tv@rguk.ru, nikolaeva-ev1@rguk.ru

Задача разработки схемы работы нитеводов, расчета необходимого их количества и расстановки, а также последующая разработка программного продукта для реализации такого расчета в автоматическом режиме является актуальной задачей. В данной работе проведен анализ основных факторов, которые влияют на ритм работы нитеводов при реализации трикотажных полотен и изделий на плосковязальных машинах. Рассмотрены технологические, конструкционные и структурные факторы. Предложены варианты схем работы нитеводов при выработке поперечно-соединенного трикотажа. Особое внимание уделено влиянию структурных и конструкционных факторов на технологию работы нитеводов.

The task of developing the rhythm of the work of the threaders, calculating the required number and arrangement, as well as the subsequent development of a software product for the implementation of such a calculation in automatic mode is an urgent task. In this paper, the analysis of the main factors affecting the rhythm of the thread growers work at selling knitted fabrics and products on flat knitting machines, is carried out. Technological structural factors are also considered. Variants of schemes of thread breeders work during the development of cross-connected knitwear are proposed. Special attention is paid to the influence of structural factors on the technology of the thread feeders.

Ключевые слова: нитевод, раппорт, переплетение, плосковязальные машины, схема работы нитеводов.

Keywords: threader, rapport, weaving, flat knitting machines, the scheme of threaders work.

Современное плосковязальное оборудование оснащается пакетом программ для возможности с их помощью реализации подпрограмм вязания рисунка, структуры переплетения и формы изделия с использованием смены цветов или видов нитей, что требует возможности смены нитеводов и их правильной расстановки для обеспечения бесперебойного процесса вязания [1...3].

Разработка схемы работы нитеводов дает возможность подбирать наиболее эффективный с точки зрения использования

возможностей вязального оборудования вариант для реализации заданной структуры или изделия. Целесообразно решать данную задачу автоматизированным методом.

Для создания программы работы нитеводов на первом этапе необходимо определить факторы, оказывающие влияние на разработку ритма их работы и параметры данных факторов. Факторы можно условно разделить на три группы: конструкционные, структурные и технологические (рис.1)

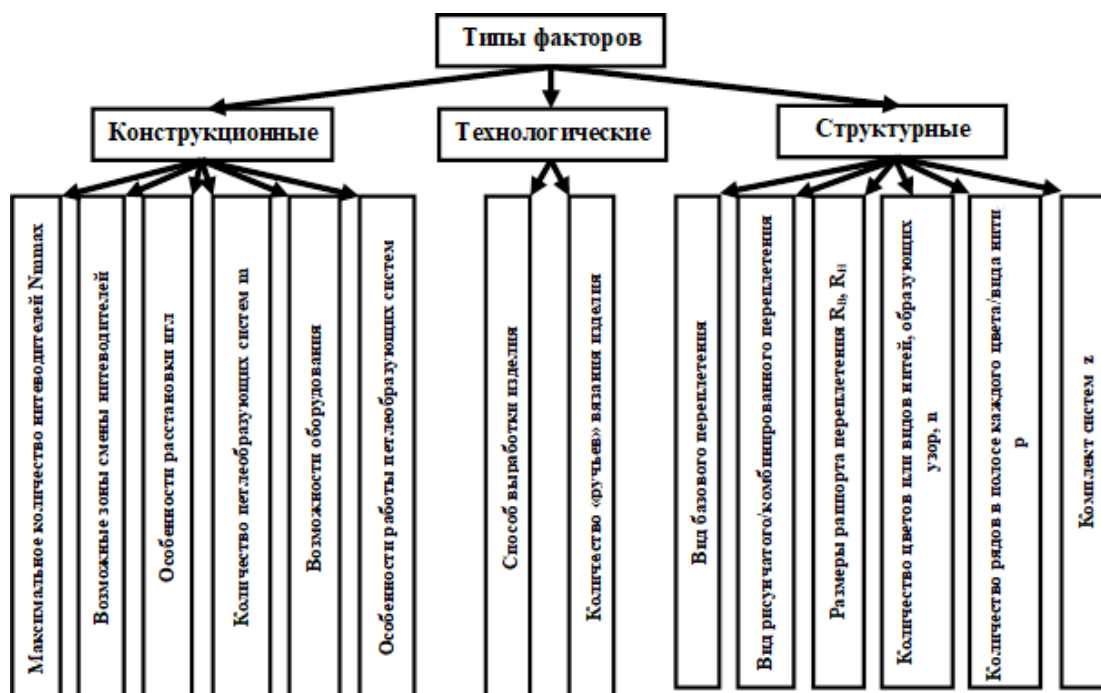


Рис. 1

Каждая группа факторов включает в себя ряд параметров, которые необходимо учитывать при работе с определением схемы работы нитеводов. Например, в группе технологических факторов на разработку ритма работы нитеводов наиболее важными являются следующие параметры: максимальное количество нитеводов, установленное или возможное к установке на вязальном оборудовании N_{max} , возможные зоны смены нитеводов, особенности расстановки игл, количество петлеобразующих систем на машине m , особенности их работы и возможности вязального оборудования.

Максимальное количество нитеводов на оборудовании различных фирм и даже модельного ряда может быть различным,

например, оборудование фирмы Steiger имеет 8, 12, 16, 24 в стандартной комплектации для различных моделей. Количество же возможных нитеводов для современных плосковязальных машин может достигать 32, что значительно расширяет возможности машины.

На современном плосковязальном оборудовании зоны смены нитеводов расположены по всей ширине машины, что дает возможность их смены в любом месте, но вне зоны вязания. Однако следует учитывать, что на плосковязальных машинах нитеводы располагаются на специальных рейках, причем иногда – по несколько на одной. При таком расположении необходимо учитывать, что работать они могут только

таким образом, чтобы не мешать друг другу, что ограничивает количество одновременно используемых нитеводов.

Особенности работы петлеобразующих систем при выработке различных переплетений различаются в случае наличия дополнительных операций, например, петлепереноса [4], [5]. Современные машины, как правило, обладают системами, имеющими одновременно функции вязания и петлепереноса. Наличие на машине нескольких петлеобразующих систем дает возможность одновременно использовать несколько нитеводов для образования заданной структуры на одном ходу каретки.

В блоке структурных факторов вид базового и рисунчатого или комбинированного переплетения определяют особенности технологии их выработки петлеобразующих систем и, следовательно, работы нитеводов.

Размеры раппорта и количество рядов в полосе каждого цвета и вида также оказывают влияние на количество используемых для выработки переплетения нитеводов и ритме их смены. Так как, например, схему расстановки нитеводов необходимо составлять, как минимум, на раппорт.

Технологические факторы включают два параметра, способ выработки и количество «ручьев» вязания, то есть количество одновременно вырабатываемых на машине купонов или деталей. Эти факторы в большей степени следует учитывать при выработке купонов, деталей и цельновязанных изделий. Возможность вязания двух и более деталей одновременно предусматривает, во-первых, обязательную возможность смены нитеводов в любом месте машины и, во-вторых, использование увеличенного числа нитеводов. При выработке регулярным способом деталей или цельновязанных изделий технология предусматривает использование петлепереноса для сбавок и прибавок петель, с помощью которых изменяется ширина изделия и закрываются края, что усложняет технологию выработки в общем и в частности ритм работы нитеводов из-за дополнительных циклов переноса

петель и необходимого сдвига игольниц для его осуществления.

Таким образом, основные принципы разработки схем работы нитеводов можно сформулировать следующим образом:

- необходимо исключить использование холостых ходов или минимизировать их число;

- при наличии в схеме холостых ходов – определить их раппорт в схеме работы нитеводов.

Раппорт использования нитеводов R_n не всегда совпадает с раппортом переплетения или узора R_n ($R_n \neq R_n$), и, следовательно, при составлении таких схем может возникнуть необходимость получения законченной схемы работы нитеводов до повторения исходного положения.

Для наглядного представления влияния факторов на составление схемы работы нитеводов, их расстановки и количества рассмотрим пример составления такой схемы.



Рис. 2

Для этого на первом этапе определим исходные данные, по которым необходимо разработать схему работы нитеводов на примере поперечно-соединенного переплетения, вырабатываемого на базе кулирной глади (рис. 2 – исходные данные для разработки схемы работы нитеводов. Вариант 1).

На примере двух вариантов разработки схемы расстановки нитеводов по исходным данным для машины с одной вязальной системой (рис. 3, вариант 1) и для машины с двумя системами (рис. 4, вариант 2) рассмотрим, каким образом факторы, рассмотренные в данной статье, влияют на разработку схем работы нитеводов.



Рис. 3

Наименование параметра	Значение
Количество вязальных систем на машине	$m = 2$

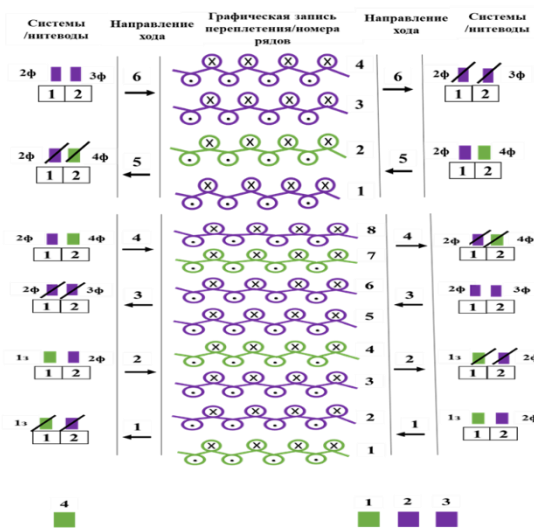


Рис. 4

Следующий пример разработки схемы работы нитеводов для поперечно-соединенного трикотажа по исходным данным, представленным на рис. 5 (вариант 2), усложняет задачу и показывает влияние нескольких факторов.



Рис. 5

Используя полученные исходные данные на первом этапе, определим факторы, которые необходимо учесть при разработки программы для данного конкретного варианта. Этими факторами являются: количество цветов, образующих патрон узора, равное 2, количество рядов в полосе каждого цвета – 1, поскольку базовое переплетение – кулирная гладь, то комплект систем для е образования равен $z=1$. Для первого варианта предполагается выработка задан-

ной структуры на машине с одной петлеобразующей системой и общим количеством нитеводов на машине $N_{max} = 16$.

Рассматривая этот довольно известный пример, можно отметить, что для получения заданного узора на односистемной плосковязальной машине требуется использовать число нитеводов, равное по числу цветов или видов нитей, используемых в раппорте узора. Кроме того, для выполнения заданного узора необходимо введение в технологию выработки холостых ходов каретки через каждые 2 хода (рис. 6, вариант 2).

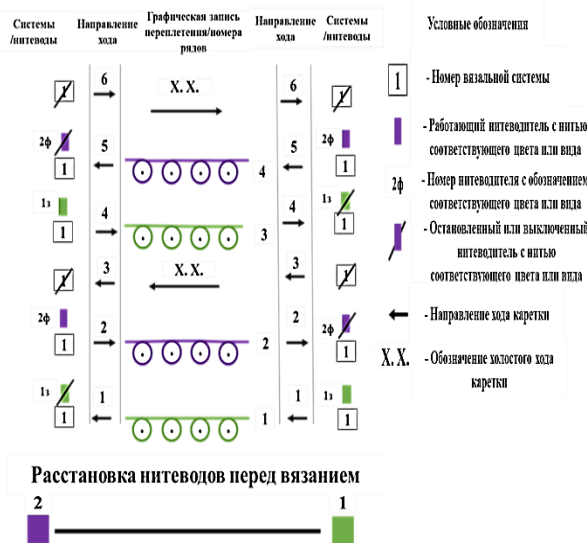


Рис. 6

Поэтому для выработки следующего раппорта необходимо добавлять в работу новый нитевод с нужной нитью (по цвету или виду), так как после образования двух первых рядов нитевод с нужной нитью (по цвету или виду) все время будет оставаться на противоположной от направления движения каретки стороне машины. И в таком случае добавлять нитеводы будет необходимо до тех пор, пока не будут использованы все установленные на вязальной машине. После чего вязание будет невозможно.

Второй вариант предполагает использование в технологии выработки холостой ход каретки для того, чтобы «перегнать» ее на ту сторону игольницы, где остался нитевод с нужной (по цвету или виду) нитью и включить его в работу.

Этот пример наглядно показывает влияние структурных факторов, а именно количество цветов или видов нити в раппорте узора, количество рядов в полосе каждого цвета или вида на технологию работы нитеводов и наглядно показывает использование принципов составления схемы работы нитеводов.

Рассмотрим пример составления программы нитеводов для поперечно-соединенного переплетения с теми же исходными данными, но на машине с двумя петлеобразующими системами (рис. 7, вариант 2).

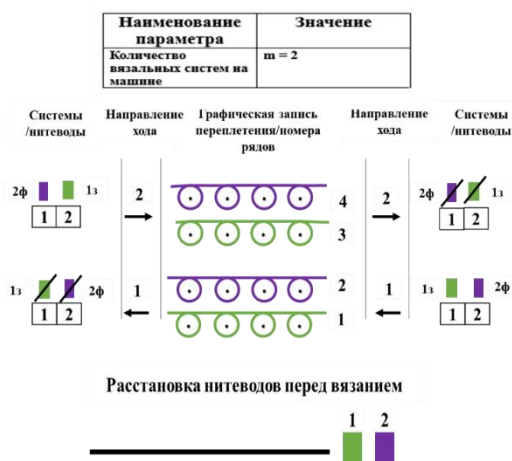


Рис. 7

В этом случае для реализации заданного узора необходимо всего 2 нитевода, т. е. количество нитеводов равно числу цветов

(видов) нитей, используемых в раппорте. Данный раппорт реализуется за один ход каретки двухсистемного вязального оборудования.

Для приведенного примера на рис. 8 (расстановка нитеводов на примере поперечно-соединенного переплетения для машины с двумя вязальными системами при вязании в 2 ручья) рассмотрим расстановку нитеводов при вязании одновременно двух полотен. При реализации такой схемы вязания на современных машинах, где смена нитеводов возможна в любом месте машины, необходимо использование 4 нитеводов с расстановкой, которая показана на рис. 6.

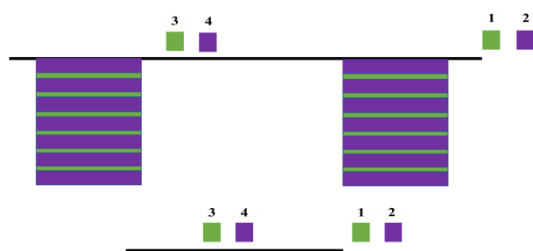


Рис. 8

Этот пример наглядно показывает влияние технологического фактора на схему расстановки и можно утверждать, что при проектировании работы нитеводов для выработки полотен в несколько «ручьев» с одинаковым узором необходимо произвести расстановку для одного полотна, а затем увеличить их количество по числу одновременно вырабатываемых на машине полотен или деталей.

Таким образом, для разработки схемы работы нитеводов на плосковязальных машинах, определения их количества для выработки заданного переплетения или узора и расстановки перед началом выработки используется методика детального анализа технологии выработки заданных структур с учетом всех факторов, которые могут оказывать влияние на работу нитеводов на конкретном виде оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1991.

2. *Заваруев В.А., Строганов Б.Б.* Современные трикотажные машины. – М.: МГУДТ, 2015.

3. *Кудрявин Л.А., Колесникова Е.Н., Галактионова А.Ю., Муракаева Т.В.* Разработка программ плосковязальных машин фирмы «Штайгер». – М.: МГТУ имени А.Н.Косыгина, 2008.

4. *Пеньковская Д.А., Кудрявин Л.А.* Анализ работы нитеводителей и расчет эффективной их расстановки на плосковязальной машине при вязании деталей изделия, учитывая сбавки и прибавки // Изв. вузов. технология текстильной промышленности. – 2014, № 1. С.94...97.

5. *Николаева Е.В., Муракаева Т.В.* Разработка программы работы нитеводителей на плосковязальном оборудовании с электронным управлением // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации - 2015) – М.: Московский государственный университет дизайна и технологии». Том. 1. С.44...46.

REFERENCES

1. *Kudryavin L.A., Shalov I.I.* Fundamentals of knitting production technology. – М.: Legprombytizdat, 1991.

2. *Zavaruev V.A., Stroganov B.B.* Modern knitting machines. – М: MGUDT, 2015.

3. *Kudryavin L.A., Kolesnikova E.N., Galaktionova A.Yu., Murakaeva T.V.* Development of programs for flat-knitting machines of the firm "Steiger". – М: "Kosygin Moscow State Technical University", 2008.

4. *Penkovskaya D.A., Kudryavin L.A.* Analysis of the work of thread breeders and calculation of their effective placement on a flat-knitting machine when knitting product parts, taking into account discounts and additions // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2014, №1. С. 94...97.

5. *Nikolaeva E.V., Murakaeva T.V.* Development of a program for the work of thread makers on flat-knitting equipment with electronic control // Article in the collection of materials of the International scientific and technical conference Design, Technologies and Innovations in Textile and Light Industry (Innovations - 2015) – М.: Moscow State University of Design and Technology. - Vol. 1. P.44...46.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 30.09.22.

УДК 677.053.3
DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_99

DETERMINATION OF THE TEXTILE BOBBINS STRUCTURAL PARAMETERS

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ БОБИН

M.N. NURIYEV, R.A. SAIDOV

M.H. HURIEB, P.A. SAIDOV

(State Economic University (UNEC), Republic of Azerbaijan)

(Государственный университет экономики, Республика Азербайджан)

E-mail: mahammadalinuriyev@rambler.ru

The objective of this research paper is to determine the structural parameters of textile bobbins to ensure the proper provision of quality and competitive products. Breakage caused by defects in winding mechanisms is on average 22 %, so a theoretical analysis of the braid structure formation process in terms of the force interactions between threads was performed. An instrumental procedure for quantifying the winding structure parameters will improve production, so this study has investigated methods for its registration. The estimation method used to analyse the wind-

ing structure, generated without dispersing the braid structures, allowed the comparison of winding at different machines under varying conditions. The limitation of the study is its lack of applicability in computer applications to determine the lifting angle and coil difference. This is the first temporal and spatial study, which includes a holistic view of the structural parameters of textile bobbins.

Целью данной научной работы является определение конструктивных параметров текстильных бобин для обеспечения надлежащего обеспечения качественной и конкурентоспособной продукции. Поломка, вызванная дефектами намоточных механизмов, составляет в среднем 22 %, поэтому проведен теоретический анализ процесса формирования структуры плетения, в условиях силового взаимодействия между нитями. Инструментальная процедура количественной оценки параметров структуры намотки улучшит производство, поэтому в данном исследовании изучались методы ее регистрации. Метод оценки, использованный для анализа структуры обмотки, полученной без рассредоточения плетеных структур, позволил сравнить обмотку на разных машинах в различных условиях. Ограничением исследования является его неприменимость в компьютерных приложениях для определения угла подъема и разности катушек. Это первое временное и пространственное исследование, которое включает целостное представление о структурных параметрах текстильных бобин.

Keywords: defects of winding, defects of structure, tape winding, braid winding, shear of turns, turn reversal point.

Ключевые слова: дефекты обмотки, дефекты строения, ленточная обмотка, плетеная обмотка, сдвиг витков, поворотная точка разворота.

1. Introduction

In developing competitive and quality products within textile enterprises, it is critical to ensure that systematic and quality control processes are effective. This will guarantee the proper application of raw materials into textile production and develop a quality product. In particular, the development of the crosswound bobbin is a crucial stage in textile production to support competitiveness. This can be achieved through the application of spineless spinning machines that have a particular structural design like cobs in circular spinning machines. The quality provided by the crosswinding machine is influenced by other parameters like the density involved in the winding process and provision of uniformity in the generatrix radius. Other important parameters that will influence the quality of textile products include, the amount of deviation from the expected form, structural defects in compacted sections, and tape winding.

The process of developing bundle structures requires threads to be laid beforehand so that they play the role of a spreader to ensure that it does not violate the control of the yarn feeder. By increasing the number of coils, a resultant force returns the coil to the normal position effectively. As such, the structural design ensures that the thread can slip out from its position, which is detected by the bundle created by the yarn feeder. Provided the lifting angle created by the coil within the turnover remains at zero, it is important that the structural design maintains the remaining area with a non-zero value (β). This will allow for changes in the yarn which will influence the quality of the fabric.

There is a correlation between the side surface relief provided in the package and the winding structure determined by the corresponding diameter. This is an important conclusion that this paper seeks to prove through mathematical calculation. For instance, the

bundle structure should have its coils placed in succession which allows for the profile height to be increased to the packing density. Prior studies have indicated a possibility of determining the winding structure by considering distribution shadows created by the lateral illumination from the package surface.

The primary objective of this research paper is to determine the structural parameters of textile bobbins to ensure the proper provision of quality and competitive products. Therefore, the specific objectives of the study include the following.

The development of quality control methods to estimate the structure of cross-wound packages would ensure qualitative winding at spinning machines.

Various features like the winding analyzer provide an important point of focus because they allow continuous evaluation of the structural parameters of the textile bobbin. As a strategy to achieve the objectives of this research paper, the surface that has the ability to eliminate the impact of non-roundness of the bobbin will lead to a proper winding structure all the way starting from photo-detector. Increased requirements to develop the quality of packages are related to improving cross-wound packages for spinning machines. This is especially true for packages formed in machines that implement new spinning techniques, such as rotor and pneumatic, as well as spinning-torsional and torsional ringless machines. To accomplish the research aim, the following tasks have been set:

1. Clarify the reasons for the formation of defects in the winding structure in braid and tape winding;

2. Investigate experimentally the impact of the winding structure defects on the suitability of packages for processing during subsequent operations;

3. State the generalised criteria for the determination of the winding type.

2. Literature review and problem statement

The specific parameters involved in developing the winding structure are: the layout width, coil lifting angle, and coil distance. The structural design will have a major impact on the quality of the textile bobbin winding mecha-

nism. Identification of these important parameters has a major influence on the technological features of the package in delivering a high-quality process. When the machine is in stationary mode, the winding bobbin will share a kinetic relationships created by the number of moves of the yarn feeder and the rate of turnover provided by the bobbin distance (Pracek et al., 2015).

Rudovsky (1995) established that coil distance provided by the circumferential direction of subsequent coils provides an important basis for analysing the winding structure of the textile bobbin. As such, the coil distance difference is obtained by calculation of the non-stationary movement of the textile bobbin. It is important for the distance difference to have a transfer ratio of $i \sim 1$ between the bobbin and coil. However, this mathematical approach is limited in its assessment of the winding structure overall. In common cases, structural parameters are influenced by the kinetic relationships within the winding machine. Consequently, it is important to undertake an analysis of the winding parameters using the calculative approach suggested by Rudovsky. In his work, he described a simpler technique for determining the angular and linear distance of the coils provided by the kinetic scheme in the winding mechanism and diameter. Also, the linear distance existing between adjacent coils will be used to determine the existence of defects like bundle winding, especially where the adjacent coils have been stacked together. The main limitation of this methodology is that it does not offer a solution based around computer technologies. Thus, it limits the control of forming bundle winding at any selected diameter.

Jianhui et al. (2015) proposed another technique in the assessment of the winding structure that is aided by a computer application. This is done in bundle winding by strictly following a two-step criterion. Firstly, the fixation angle in the coil and unequal distribution of the turnover points will be observed on the total circumference of the bobbin. In this case, the winding structure's parameters are the following quantities: thread turn lifting angle β ; central angle j between the points of reversal of turns; a distance between thread turns Δ in

the direction perpendicular to the turn; a distance between the turns of thread Δ_θ in the radial direction. Thus, the filament winding is the point at which the distance between the turns of a thread is smaller than its diameter d_t , that is:

$$\Delta \leq d_t . \quad (1)$$

The tape winding is the point at which the distance between the turns of a thread is less than three diameters of the thread:

$$\Delta \leq 3d_t . \quad (2)$$

In terms of reasoning, we assume that the defective winding structures are formed when:

$$\Delta \leq kd_t . \quad (3)$$

Where k is the number from 0 to 3, denoting the requirements to the winding structure. At $0 < k < 1$, the winding is the filament, and at $1 < k < 3$, this is the tape winding.

Cylindrical cross-wound packages, produced by spinning machines of type PPM-120, are used in the weaving or knitting industries. Depending on the purpose of the yarn, packages are delivered as a weft or a base for textile production after preliminary rewinding or directly from the above-specified machines. The quality of package winding significantly affects thread breakage during the specified operations in textile production.

To determine the reasons for yarn breakages categorised in technological practice as those due to a violation in the shape of a bobbin and the fly offs at turns, we additionally monitored the breakage in warping machines. In this case, we controlled the diameter of the winding experiencing breakage. Control was executed after eight rollers worked 330 threads each. To verify this provision, we monitored the percentage of breakage during bobbin winding obtained on a spinning-torsional machine PK-100M3. Based on these data, the breakage of thread due to defects in the winding mechanism was 58% on average. In this case, the main winding defect in the PK-100M3 is the fly offs at turns that typically accompany braid winding.

The winding structure's parameters depend on the design of the winding mechanism and affect many of the package's technological properties and its capability in processing. In the case of stationary motion of the system (winding shaft—bobbin), the kinematic ratios between the number of runs of the thread guide and the number of rotations of the bobbin, at a distance where $A=0$ are stated in papers by (Jianhui et al., 2015; Patent, 2015). Pracek et al. (2015) reported results on the simulation of the yarn unwinding process from the package and the influence of these defects on its quality.

Ashhepkova (2015), in order to assess the structure of the winding process, applies distance A_e in the circumferential direction between successive turns. This is determined by calculation under conditions of the non-stationary motion of the system (winding shaft—bobbin), only when the gear ratio between the bobbin and the winding shaft is $i \approx 1$. This method certainly cannot be employed to estimate the winding structure of the entire package. In many cases, these parameters are determined by the kinematical ratios in the winding mechanism, which is why their analysis requires calculation methods. One drawback of the described procedure is its limited use in computational equipment, which makes it impossible to check the formation of braid winding for all diameters.

Patent (2015) gives dependence graphs of these factors based on the diameter of the winding, as different thread guide motions disturb the laws that apply to disperse winding defects. Using the described procedure, the authors analysed the efficiency of different techniques for dispersing defects in the structure. An analysis of one of the dispersion techniques is given in Nuriyev et al. (2017).

To assess the negative effects of braid winding, it is necessary to analyse the structure of winding mechanisms in order to determine the best possible diameters to use for braid formation, to define the volume or the thickness that would be acquired. In addition, it is desirable that such a method should make it possible to compare the winding structures obtained using different winding mechanisms or the

same winding mechanisms in different modes of operation.

3. Research methodology

To solve the set problem, we shall solve inequality $|(mL - \pi Dn)\sin\beta| \leq kd_t$ relative to:

Parameter D:

$$\frac{m}{\pi n}L - \frac{kd_t}{\pi n \sin\beta} \leq D \leq \frac{m}{\pi n}L + \frac{kd_t}{\pi n \sin\beta}. \quad (4)$$

If one requires, when solving (4), an exact match between positions of the successive and preceding turns, that is, $k=0$, we obtain values for braid diameters:

$$D = \frac{m}{\pi n}L. \quad (5)$$

Subtracting from the right side of expression (4) to its left side, we obtain a range of diameters where the inequalities are satisfied:

$$\Delta D = \frac{2kd_t}{\pi n \sin\beta}. \quad (6)$$

Structural defects arise when the ratio of the layout wavelength L to the length of the bobbin's circumference nD is an irreducible fraction.

At a constant turn lifting angle P , this ratio depends only on the diameter of the winding D . In the $L-\pi D$ coordinate system, each ratio $L/\pi D$ will be matched by a beam passing through the coordinate origin (Fig. 1).

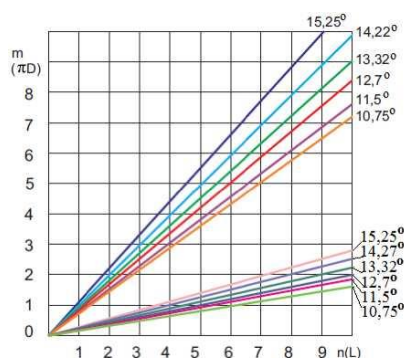


Fig. 1

By analysing the diagram, one can also estimate the strength of the defect. To this end, consider expression (4), from which it follows

that the intensity decreases in proportion to the number n . Hence, Figure 1 shows that the strongest braid $m/n=1$ under specified conditions, forms close to the maximum diameter of the package. Defects that are generated at large values for n are of smaller thickness. The observations found that the defects generated when $n > 6$ do not affect the quality of the winding, and at $n > 10$, they cannot be detected visually.

Because the $L-\pi D$ diagram can be built in the dimensionless magnitudes $m-n$, it can be used to compare the structure of the winding packages generated at different machines or at the same machine at different settings of the bobbin winder.

Rudovsky (1995) shows the relationship between the fly off turns to the end of the package and the structural winding defects. According to Maag (1985), the experimentally established fact of the emergence of fly offs at the ends, could be partially eliminated by selecting the crossing angle of the turns. This is consistent with the result obtained; however, Maag (1985) fails to provide a theoretical explanation of this phenomenon. We estimate a range of diameters ΔD , at which a defective winding forms, for example, in machine PK-100M3. In this case, we assume $n=1$ and $k=3$. The required estimated diameter of the thread can be obtained by employing the known formula:

$$d_t = 0.00357\sqrt{T/\delta}. \quad (7)$$

Dispersion mechanisms introduce disturbances to the motion of a thread guide or bobbin, which disrupts the process of forming the braid structures and improves the quality of winding in general. However, it is not possible to analyse the winding structure of a dispersion mechanism for braid winding by applying the described method. That requires a method that takes into consideration the arrangement of reversal points of turns at the end of the package, as well as the actual change in the winding thickness over time.

As shown above, in order to describe the winding structure in general, using dispersion mechanisms, it is convenient to adopt, as a criterion, the distance between turns. In this case,

to assess the thickness of the winding defect, one must have an actual dependence characterising the growth in the winding diameter due to the number of double runs by a thread guide. Applying time as an argument (Nuriyev & Musayeva, 2016; Nuraddin-Nuriyev et al., 2018) is not advisable in this case. It is much more convenient to use the number of double runs by a thread guide (Rudovsky, 1995; Nuriyev, 2016).

Let a bobbin be rotated at some elementary angle d_t , then the thread of the following weight will be wound around it:

$$dm = \frac{TDd\varphi}{2000 \cos \beta}. \quad (8)$$

Where T is the linear density of the wound thread, tex. ; D is the current diameter of a winding body, m ; β is the lifting angle of a turn averaged over a cycle of the dispersing mechanism. In this case, we assume that the thread weight is in the cylindrical layer of thickness d $D/2$ at the surface of the package, then:

$$dm = \frac{\pi\gamma(D)HDdD}{2}. \quad (9)$$

Where γ is the winding density, g/m^3 ; H is the width of a package, m .

$$\frac{D_{i+1}^3}{3} + \frac{BD_{i+1}^2}{2} + CD_{i+1} - \frac{AD_i^3}{3} - \frac{BD_i^2}{2} - CD_i - \frac{8T}{1000\pi(D_i + D_{i+1})\sin \beta} = 0. \quad (12)$$

When estimating the structure of the generated layer, we assumed that the lifting angle of a turn over one double run by the thread guide remains constant, and its change is due to a jump to the beginning of a new double run. It is more convenient to adopt the reversal points of the turn at one of the package ends, as the points that defines the position of a turn. The criterion for estimating the structure of winding, in this case, is the distance between the points of turn reversal, measured along the arc of circumference of the bobbin $A e$. Inequality $|(mL - \pi Dn)\sin \beta| \leq kd_t$, in this case, takes the form:

Equating the right sides of (17) and (18) below, we obtain an equation to determine the new value for the diameter of the package:

$$\int_{D_i}^{D_{i+1}} \pi\gamma(D)HDdD = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \frac{TDd\varphi}{1000 \cos \beta}. \quad (10)$$

The dependence $\gamma = \gamma(D)$ is determined by many factors, both structural and technological. The physical processes by which these factors affect the winding density have not yet been fully revealed. Therefore, we assume that the dependence $\gamma = \gamma(D)$ was obtained empirically and represents the polynomial:

$$\gamma = AD^2 + BD + C. \quad (11)$$

Where A , B , and C are the empirical coefficients.

This kind of dependence has been defined by many authors in equations (13) and (14) for all types of winding mechanisms currently used in the textile industry. Not a single analytical dependence between the density of winding and the package structure, which could specify the law of change in the density of winding due to an increase in its diameter, has been found so far.

Following the substitution (11) in (10) and integration, we obtain equation:

$$|\Delta_0| \leq \frac{kd_t}{\sin \beta}. \quad (13)$$

To calculate, we take a cylindrical coordinate system (r, y, φ) associated with the bobbin. Arc length L at the outer surface of the package with diameter D , upon which a thread is laid over one double run by a thread guide, is determined from:

$$L = \frac{2H}{\text{tg} \beta}. \quad (14)$$

Where β is the current value of the layout angle, defined by the kinematic parameters of

the braid winding dispersion mechanism.

This arc is matched by a central angle

$$\Delta\varphi_i = \frac{2L}{D}. \quad (15)$$

Thus, following one double run by the thread guide, the reversal point of the turn will accept coordinate $\varphi_{i+1} = \varphi_i + \Delta\varphi$.

Subtract the part, multiple to 2π , from it:

$$\varphi_{(i+1)H} = \varphi_{i+1} - 2\pi \text{int} \left(\frac{\varphi_{i+1}}{2\pi} \right). \quad (16)$$

Where $\varphi_{(i+1)H}$ as the normalised angular coordinate of the reversal point.

The linear distance between two adjacent reversal points of the turn along the arc on the outer surface of the bobbin is:

$$\Delta_{\theta} = \frac{\varphi_{(i+1)H} - \varphi_{iH}}{D_i}. \quad (17)$$

Because the formation of a defective winding may result in the fact that not only does each subsequent turn overlay the preceding one, but the following turns overlay each other in one, two, or more turns, Δ_{θ} should be determined repeatedly at each double run of the thread guide from the expression:

$$\Delta_{\theta_m} = \frac{\varphi_{(i+1)H} - \varphi_{(i+1-m)H}}{D_i}. \quad (18)$$

Where Δ_{θ_m} is the distance along the outer surface of the package between the newly laid turn and the turn laid earlier by m double runs.

When analysing the winding structure using the method described, we adopt $1 < m < 6$ because structures of higher multiplicity are of an insignificant thickness and thus do not affect the technological parameters of packages. Expressions (12) and (18) are, in essence, the algorithm for calculating the distance between the reversal points of turns, while expression (13) is a criterion for estimating the winding structure. They underlie the method for an analysis of the winding structure from a kinematic aspect.

The method implies the calculation of distances Δ_{θ_m} for each double run made by the

thread guide when forming a winding. In this case, we determine preliminarily the turn lifting angle β , the layout width H , and other quantities that can vary by the dispersing mechanism in the package-forming process. Given a certain number of double runs by the thread guide, we calculate the number of instances for meeting condition (13), and we plot it as a coordinate in the diagram describing the winding structure (Figure 2). The abscissa is the winding diameter, determined from equation (12).

Condition (13) is checked not only for the two consecutively laid turns, but also for the following ones, laid in 1, 2...6 turns.

Comparative analysis of the calculation results shows that they agree well. Despite its complexity, the method is more informative. Indeed, the height of bars in the diagrams shows the number of threads, stacked sequentially, one next to another, while the width of these bars corresponds to the range of diameters over which such defects form. The proposed method enables the effectiveness of the dispersion mechanisms to be quantified. Such an evaluation can be based on the height of bars in the winding.

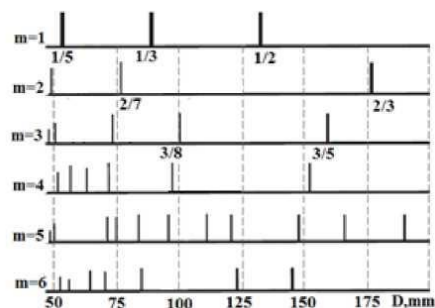


Fig. 2

However, the operation of the dispersing mechanism may have a different impact on the braid structures generated by different diameters of winding. Therefore, in order to clarify the technological modes in the formation of a package, it is necessary to apply methods of multicriteria optimisation.

4. Results and discussion

To set the winding mechanisms, both under industrial conditions and when testing new equipment, the most acceptable ways are instrumental methods, based on an analysis of

the package itself. The first step towards constructing such methods is to determine the actual curve of the turn arrangement on a winding body. We describe the procedure to register the position of the thread at the reversal site, which implies rolling the package over an adhesive tape; in this case, a thread is glued, from a bobbin to the tape, in line with the position at which it was laid in the winding. The distance from the point where a thread leaves the package to the tape, which fixes it, is zero. It should be noted that such a procedure is suitable only to analyse the violations of the turn arrangement at the reversal site and cannot be applied to analyse the dispersing mechanism due to considerable time cost and tape consumption. To quantify defects in the winding structures, we introduce the notion of the intensity of braid winding, that is, the number of threads per unit width of the defective structure.

Figure 3 shows the dependence chart of the intensity of braid winding q on a winding diameter for machine PSK-225 SHG. The dashed lines demonstrate diameters for the respective ratios m/n , according to the model for forming the braid winding. Figure 3 shows that the model quite accurately predicts the strongest formations observed at diameters of 60, 90, and 180 mm. Some differences can be attributed to the presence of slippage in the pair “bobbin-winding shaft” and to the subjectivity of the described experimental method. The formations that form when $m=3$ possess less intensity than that at $m=2$ and merge with the rest formed at larger multiplicities. The magnitude of the intensity of braid winding for them is $q < 3$ threads/mm; that is, a 1-mm width of the defective structure hosts less than 3 threads. That indicates that such a formation is unlikely to have a significant impact on breakage at winding, on the process of laying a thread, or other processes, which are negatively affected by braid winding.

Indeed, when unwinding the packages, the pattern of a winding structure at the package surface changes constantly, and a researcher is required to demonstrate a certain reaction to terminate the unwinding process. In this case, the researcher may miss some formations considering them not to be significant. In this sense, there is a need to develop a procedure

that would make it possible to monitor the winding surface as it is continuously unwinding and to record indicators correlated with the number of threads in the braid. At the same time, the current package diameter must be measured and recorded.

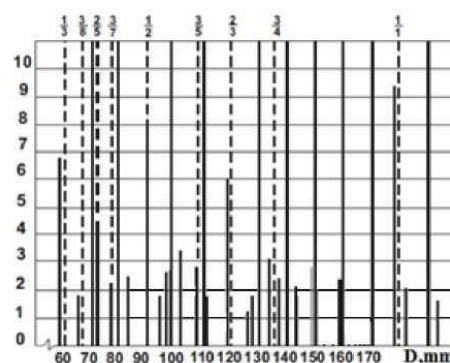


Fig. 3

CONCLUSIONS

It was established that the cause of defective formation in the winding structure in braid and tape winding is the multiplicity of thread guide motion periods and the bobbin rotation frequency, which make it possible to reasonably address the development of a method for estimating defects in winding. We have formulated a generalised criterion for this purpose, i.e. the number of turns stacked sequentially at a distance not exceeding the specified one, gives the estimated determination of defects in the winding structure and their impact on the quality of the package. We have experimentally confirmed the negative effect of structural winding defects on the suitability of packages for processing at subsequent operations. Thus, the breakage caused by defects in winding is up to 22 % of the total breakage, on average. We have constructed an estimation method to analyse the structure of winding that is generated without dispersing the braid structures, enabling the representation of results based on normalised dimensionless indicators. The research also compared the winding structure formed using different machines under varying conditions.

In addition, the proposed method makes it possible to choose rational structures for winding mechanisms and thereby reduce breakage.

REFERENCES

1. *Ashhepkova N.* (2015). Mathcad in the Kinematic and Dynamic Analysis of the Manipulator. Eastern // European Journal of Enterprise Technologies – 7(77), 54-63.
2. *Jhatial R. A.* (2016). Optical Yarn Assessment System for Twist Measurement in Rotor-Spun Syed//Mehran University Research Journal of Engineering and Technology. – 34(1), 25-32.
3. *Jianhui F., Jaedeuk Y., Jeong-Suk K., & Yoongho J.* (2015). Real-Time Graphic Visualization of Filament Band Winding for Fiber-Reinforced Cylindrical Vessels // Journal of Composite Materials. – 30(16), 2165-2175.
4. *Maag F.* (1985). Spinnspulenmit der Stufenprazissionswicklung. Chemiefasern // Textil industrie. – 6(1), 416-420.
5. *Nuraddin-Nuriyev M., Ali-Veliyev F., Insaf-Homidov H., Aqagul-Sailov I., Mahamad-Seydaliyev I., & Zargar-Jabbarova G.* (2018). Development of a Device for Continuously Monitoring the Parameters of the Winding Structure of Textile Bobbins // Ingegneria Solidaria. – 14(24), XX-XX.
6. *Nuriyev M.* (1995). Influence of Parameters of the Winding Mechanism on Laying Coils in Tourniquet Formation // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 6(1), 108...111.
7. *Nuriyev M., Dadashova K., & Radzhabov I.* (2016). Development of Methods for Recognition of Structural Defects Using Package Surface Image // Science Rise. – 4, 2(21), 6-10.
8. *Nuriyev M., & Musayeva T. T.* (2016). Development of Algorithms Surface Recognition Forging Cross Winding // Bulletin of ntu “KhPI” Series: Mechanical, technological systems, and complexes. – 49(1221), 52-55.
9. *Nuriyev M., Seydaliyev I., Recebov I., Dadashova K., & Musayeva T.* (2017). Determining the Dependences for Calculating a Conversion Scale of Profile Height of the Controlled Packing Surface // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2(86), 58-62.
10. Patent № cn 201410607590 (2015). Control System for Textile Winding Machine Convenient for Loading of Bobbin.
11. *Pracek S., Pusnik N., Simoncic B., & Tavcer Petra F.* (2015). Model for Simulating Yarn Unwinding from Packages / Fibres and Textiles in Eastern Europe. – 23(2), 25-32.

Поступила 05.10.22.

УДК 675.035.3

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_108

КОЖИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ИЗ ШКУР РЫБ*

NEW GENERATION LEATHER FROM FISH SKINS

Р.Ф. АХВЕРДИЕВ

R.F. AKHVERDIEV

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: rust123@rambler.ru

Кожа рыб очень качественный и перспективный материал, который набирает популярность в модной индустрии. В работе показана возможность создания уникального материала легкой промышленности, а именно кожи из шкур трески. Уникальность данного материала обосновывается его природными свойствами (экологичность, гипоаллергенность) в сочетании с существенным улучшением физико-механических характеристик за счет плазменного воздействия на ее структуру. Для установления закономерностей воздействия неравновесной низкотемпературной плазмы на кожу из шкур трески определяли температуру сваривания после основных жидкостных процессов производства кожи, физико-механические показатели кожи, а также изучено плазменное воздействие на изменение размеров пор дермы. Оптимальный режим плазменной модификации шкур трески находили с помощью программы Статистика 6.0. В результате плазменной модификации происходит усреднение размеров пор дермы трески, что способствует равномерной и лучшей выбираемости химических реагентов из рабочих растворов и, как следствие, более качественному протеканию жидкостных процессов, что в свою очередь приводит к получению кож с улучшенными характеристиками свойств.

Fish skin is a very high quality and promising material that is gaining popularity in the fashion industry. This work shows the possibility of creating a unique material for light industry, namely leather from cod skins. The uniqueness of this material is justified by its natural properties (environmental friendliness, hypoallergenicity) in combination with a significant improvement in physical and mechanical characteristics due to the plasma effect on its structure. To establish the regularities of non-equilibrium low-temperature plasma effect on the skin from cod skins, the temperature of welding after the main liquid processes, physical and mechanical parameters

* Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП "Нанотехнологии и наноматериалы" ФГБОУ ВО "КНИТУ".

of the skin were determined, and the size of the dermis pores was measured. The optimal mode of plasma modification of cod skins was found using the Statistics 6.0 program. The optimal mode of plasma modification of cod skins was found using the Statistics 6.0 program. As a result of plasma modification, the pore sizes of the cod dermis are averaged, this contributes to a uniform and better selection of chemical reagents from working solutions and, as a result, a better flow of liquid processes, which in turn leads to the production of skins with improved characteristics.

Ключевые слова: высокочастотная плазменная обработка, технологии производства кож из шкур рыб.

Keywords: high-frequency capacitive processing, technologies for the production of leather from fish skins.

Введение

Кожа рыб – это один из ценных материалов, который затронул практически все сферы жизнедеятельности, начиная с кулинарии и заканчивая одеждой.

Народы, населявшие берега Амура, создали безотходное производство: мясо рыбы шло в пищу, рыбий жир – для ухода за кожей, рыба чешуя – для пошива одежды, чулков, обуви и других различных бытовых мелочей. Обработанная вручную сшитая одежда из этого материала стала ярким образцом культуры приамурских народов, получившая название "рыбьекожих людей" [1]. Этот материал обладает всеми необходимыми качествами для промышленной одежды. Он легкий, прочен, предохраняет от ветра, не промокает, хорошо сохраняет тепло. А кожа отдельных видов рыб в несколько раз превосходит по прочности многие материалы [2].

Процесс выделки кожи рыб в далеком прошлом был трудоемок и занимал немало времени. Сначала с рыбы снимали чешую, затем тщательно вычищали с обеих сторон и несколько раз промывали в воде, раскладывали на гладкой поверхности и оставляли на некоторое время сушиться. Сухая рыба кожа становилась очень жесткой. Затем в течение нескольких часов приходилось мять на специальном станке костяными ножами для обработки кожи. В результате этой кустарной выделки рыба кожа лишалась многих ценных свойств. Сейчас многие традиционные промыслы и ремесла коренных народов ханты и манси

практически утрачены, в том числе и технология выделки рыба кожей. Но уже сегодня производство кожи из рыба чешуи набирает популярность. Рыба кожа стала такой же эксклюзивной, как крокодиля или змеиная кожа. На этот удивительный материал обратили свое внимание всемирно известные модельеры. В сезоне 2014 года дизайнер "Christian Dior" Джон Гальяно создал розовые туфли из кожи лосося, которые продавались в бутиках "Dior" по всему миру. Шотландская компания "Skin1" недавно запустила линию по производству бикини из кожи лосося и рекламирует их как альтернативу изделиям из кожи экзотических животных. Дизайнеры аргентинской компании "Юнисол" разработали и выпустили уникальные кеды, в основе которых лежит кожа семейства сельдевых. В основном размер рыба кожей невелик, но этот недостаток компенсируется уникальным рисунком на ее поверхности и богатой цветовой гаммой.

Кожа рыб очень качественный и перспективный материал, который набирает популярность в модной индустрии. Еще один несомненный плюс рыба кожей – это ее экологичность. На сегодняшний день ученые не обнаружили ни одного вируса, который передавался бы от рыб к человеку. Разработка технологии производства кожи из шкур рыб в настоящее время является актуальной задачей. При этом кожа шкур рыб абсолютно гипоаллергенна, и поэтому находит свое применение у таких слоев населения, как аллергики, ценители нату-

ральных материалов в одежде и обуви и даже для младенцев, поскольку выделанная кожа высококачественна.

Модификация материалов традиционно является одним из эффективных методов улучшения их потребительских свойств. На передний план выдвигаются электрофизические методы обработки: электромагнитным полем, лучом лазера, ионно-плазменное и магнетронное распыление, воздействие плазмой газового разряда (дуговой, тлеющий, барьерный и др.) [3], [4]. Особое место среди перечисленных методов занимает плазменная модификация материалов, что связано с универсальным характером плазменного воздействия [5]. Высокочастотная плазменная модификация материалов легкой промышленности позволяет повысить водопоглощение, смачиваемость, увеличить капиллярность и прочность. Плазменный поток высокочастотного разряда (ВЧ) разряда характеризуется высокой концентрацией возбужденных и заряженных частиц, высокой напряженностью электрических полей, что позволяет зажигать разряд в различной геометрии плазмотронов и на любых газах [6]. Высокая неравновесность плазмы и достаточно низкие газовые температуры делают возможным эффективно использовать высокочастотные разряды в технологических процессах обработки капиллярно-пористых материалов [7].

Методы

В качестве объектов исследования в работе рассматривали шкуры трески. Для установления закономерностей воздействия неравновесной низкотемпературной плазмы на кожу из шкур трески определяли температуру сваривания после основных жидкостных процессов, эксплуатационные показатели кожи, проведено измерение размеров пор дермы, а также получены микрофотографии срезов полуфабриката. Входные параметры плазменной установки варьировались в следующих пределах: напряжение на аноде (U_a) 1-7,5 кВ; сила тока на аноде (I_a) 0,1-0,8 А, рабочее давление в разрядной камере (P) 13,3-26,6 Па; расход плазмообразующего газа (G) 0,04-0,08 г/с; частота ге-

нератора (f) 13,56 МГц, продолжительность обработки (t) 60-600 с. В качестве плазмообразующего газа использовался аргон.

Результаты и обсуждение

Оптимальный режим плазменной модификации шкур трески определяли с помощью программы Статистика 6.0 (рис. 1 – оптимизация режимов плазменной обработки шкур трески в плазмообразующем газе аргон (функция отклика – намокаемость, %, $P=26,6$ Па, $G=0,04$ г/с)). Функцией отклика служил показатель намокаемости, так как именно данный показатель характеризует интенсификацию жидкостных технологических процессов. Анализ полученных данных показал, что наибольшей намокаемостью обладает сырье, модифицированное неравновесной низкотемпературной плазмой в следующих параметрах обработки $U=5$ кВ, $I=0,68$ А, $P=26,6$ Па, $G=0,04$ г/с, $t=3$ мин.

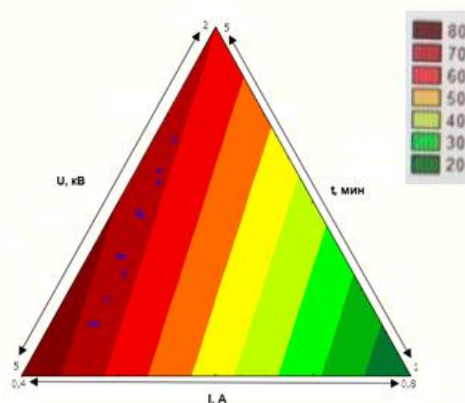


Рис. 1

Температура сваривания – это одна из количественных характеристик устойчивости кожи к теплу и влаге [5]. На величину температуры сваривания влияет разделение микроструктуры дермы, и чем она больше, тем меньше температура сваривания. Шкуры трески подвергались плазменной модификации перед процессом отмоки в оптимальном режиме (опытный образец), контрольный образец шкуры трески выделывался без плазменной обработки. Результаты по изменению температуры сваривания после основных жидкостных технологических процессов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Образец	Температура сваривания после процессов, °С		
	отмоки	пикелевания	дубления
Контрольный	45	29	75
Опытный	42	25	79

Как видно из значений, представленных в табл. 1, наблюдается снижение температуры сваривания во всех процессах, отвечающих за разделение структуры дермы (отмока и пикелевание). Процесс дубления, отвечающий за структурирование дермы, показывает повышение температуры сваривания опытного образца на 4°С, что свидетельствует о лучшем связывании хромовых

комплексов с активными группами белка. Повышение температуры сваривания полуфабриката должно способствовать улучшению прочностных характеристик кожи.

Изменение физико-механических показателей кож из шкур трески при плазменной модификации сырья и контрольного образца представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Образец	
	контрольный	опытный
Предел прочности при растяжении, 10МПа	6,9	8,8
Относительное удлинение, %	27	48
Гигроскопичность, %	8,5	10,3
Влагоотдача, %	10,6	11,5

В табл. 2 наблюдается существенное улучшение свойств опытных кож по сравнению с контрольными, а именно повышается предел прочности при растяжении на 27%, относительное удлинение – на 78%, гигроскопичность – на 21%, влагоотдача – на 8%.

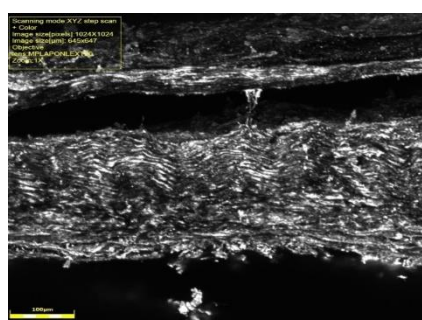
Физико-механические показатели находятся в прямой зависимости от размера пор капиллярно-пористого материала. В связи с этим проведены исследования по измерению размера пор дермы трески при помощи порометра PoroLux-100, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

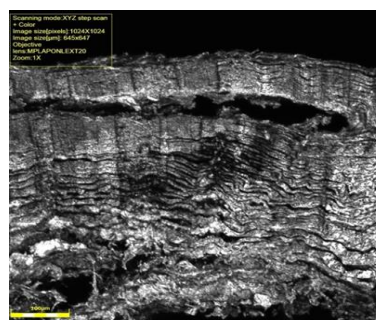
Образец	Размер поры, μm		
	маленькой	средней	большой
Контрольный	1,215	2,614	3,786
Опытный	1,485	1,319	2,597

Из значений, представленных в табл. 3, видно, что при плазменной модификации шкур трески происходит увеличение раз-

мера малых пор на 22% и уменьшение размера средних и больших пор на 49% и 31% соответственно.



а)



б)

Рис. 2

Таким образом, происходит усреднение размеров пор дермы трески. Такое перераспределение размера пор в опытных образцах приводит к равномерной и лучшей выбираемости химических реагентов из рабочих растворов и, как следствие, более качественному протеканию жидкостных процессов, что в свою очередь способствует получению кож с улучшенными характеристиками свойств.

Структурные изменения дермы наглядно видны на микрофотографиях срезов полуфабрикатов (рис. 2-а) – контрольный образец; б) – опытный образец).

На рис. 2 видно существенное изменение структуры дермы полуфабриката после плазменной обработки: аркатурное строение дермы имеет более разделенную и однородную структуру по всему срезу.

ВЫВОДЫ

В работе показана возможность существенного повышения физико-механических свойств кож из шкур трески за счет плазменного воздействия на структуру шкур рыб. Улучшение свойств связано с более качественным прохождением жидкостных процессов в результате перераспределения и усреднения размеров пор дермы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение рыбьих кож в галантерейных изделиях//Ателье-ЗАО "ИД КОН-ЛИГА". –2001, №8. С. 51...53.

2. Плиева Р.А., Арчакова Р.Д., Ужахова Л.Я., Султыгова З.Х., Темирханов Б.А. Ялхороева М.А., Дидигова Л.А., Китиева Л.И. Изучение химического состава рыбных шкур // Ингушский государственный университет Colloidium-journal. – 2019, №2-2(26). С. 68...70.

3. Абдуллин И.Ш., Тихонова В.П., Рахматуллина Г.Р., Ахвердиев Р.Ф., Артемьева О.В., Фадеев А.О. Выбор режима плазменной обработки шкур речных рыб перед подготовительными процессами производства кожи. – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та,

2013, №8. С 56...58.

4. Strobel Eds.M. Plasma Surface Modification of Polymers. Relevance to Adhesion / Eds. M. Strobel, C.S. Lyons, K.L. Mittal. –The Netherlands: VSP BV, 1984. P. 57.

5. Войцены В.С., Гужова С.К., Титов В.И. Воздействие низкотемпературной плазмы электромагнитного излучения на материалы. – М.: Энергоатомиздат, 1991. С.224.

6. Абдуллин И.Ш., Абуталипова Л.Н., Желтухин В.С., Красина И.В. Высокочастотная плазменная обработка в динамическом вакууме капиллярно-пористых материалов. Теория и практика применения.– Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2004.

7. Абуталипова Л.Н. Физические основы взаимодействия неравновесной низкотемпературной плазмы с капиллярно-пористыми полимерными материалами легкой промышленности. – Казань 1997.

REFERENCES

1. The use of fish skins in haberdashery products//Atelier-JSC "ID KON-LEAGUE". – 2001.-№8. P. 51...53.

2. Plieva R.A., Archakov R.D., Uzakova L.Y., Sultygova Z.H., Temirkhanov B.A., Alhoria M.A., Didigova L.A., Kitava L.I. Study of the chemical composition of fish skins // The Ingush state University Colloidium-journal. – №2-2(26) -2019. P. 68...70.

3. Abdullin I.S., Tikhonov V.P., Rakhmatullina G.R., Haqverdiyev R.F., Artemyev O.V., Fadeev A. The choice of the mode of plasma processing of river fish skins before the preparatory processes of leather production. – Kazan: Kazan Publishing house. State University, 2013, №, P. 56...58.

4. Strobel Eds.M. Plasma Surface Modification of Polymers. Relevance to Adhesion / Eds. M. Strobel, C.S. Lyons, K.L. Mittal. -The Netherlands: VSP BV, 1984. P. 57.

5. Voitsenya V. S., Guzhova S. K., Titov V. I. The effect of low-temperature plasma of electromagnetic radiation on materials. - M.: Energoatomizdat, 1991.

6. Abdullin I.Sh., Abutalipova L.N., Zheltukhin V.S., Krasina I.V. High-frequency plasma treatment of capillary-porous materials in a dynamic vacuum. Theory and practice of application. – Kazan: Kazan Publishing House. un-ta, 2004.

7. Abutalipova L.N. Physical bases of interaction of nonequilibrium low-temperature plasma with capillary-porous polymer materials of light industry. – Kazan, 1997.

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 07.09.22.

**ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОВЕСНОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ
НА ПОРИСТУЮ СТРУКТУРУ КОЖ
ИЗ ШКУР РЫБ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДУБЛЕНИЯ***

**NONEQUILIBRIUM LOW-TEMPERATURE PLASMA INFLUENCE
ON THE POROUS STRUCTURE OF VARIOUS TYPES TANNING LEATHER
FROM FISH SKINS**

К.Р. БИГЕЕВА

K.R. BIGEEVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: KaMusya10495@mail.ru

Кожевенная продукция была и остается незаменимым материалом для человечества с давних времен. В настоящее время кожа из шкур рыб набирает популярность благодаря своему уникальному рисунку, строению и свойствам. Единой технологии производства кожи из шкур рыб так же, как и государственных стандартов на сырье, готовую продукцию, не существует. Разработка такой технологии позволит устранить проблему утилизации вторичного сырья пищевой промышленности и выделывать рыбью кожу, что позволит создать безотходное производство и расширить ассортимент кожевенной продукции. Усовершенствование потребительских и эксплуатационных свойств готовой кожи обусловлено применением химических материалов, технологий и других механических операций. Новым научным направлением является применение неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления, воздействующей на структуру высокомолекулярных капиллярно-пористых материалов, что в дальнейшем ведет к возможной объемной модификации внутренних структур материала и повышению физико-механических и гигиенических свойств. Статья посвящена экспериментальным исследованиям по влиянию неравновесной низкотемпературной плазмы на пористую структуру кож из шкур рыб хромового и растительного дубления. Пористость объектов исследования определяли с помощью метода сканирующего давления на приборе Porolux 100. В работе представлены графики распределения потока воздуха через определенные диаметры пор контрольных и модифицированных плазмой образцов кожи хромового и растительного дубления. В ходе исследования установлена возможность перераспределения и усреднения пор объектов исследования.

Leather products were and remain an indispensable material for humanity since ancient times. Leather from fish skins gains popularity at present due to its unique pattern, structure and properties. There is neither a unified technology for the production of leather from fish skins, nor state standards for raw materials and finished products. The development of such technology allows to fix the problem of recycling food industry secondary raw materials and creating the production of leather from

* Работа выполнена с использованием оборудования УКП "Нанотехнологии и наноматериалы" ФГБОУ ВО "КНИТУ".

fish skins, resulting in a waste-free manufacturing and expanding the range of leather products. Consumer and performance properties of the leather products improve due to the application of chemical materials, technologies and other mechanical operations. A new scientific direction is the employment of nonequilibrium low-temperature plasma of reduced pressure that affects the structure of high-molecular capillary-porous materials, leading further to a possible volumetric modification of the internal material structures and increasing the physical, mechanical and hygienic properties. The article presents experimental studies on the effect of nonequilibrium low-temperature plasma on porous structure of chrome- and vegetable-tanned fish skins. The porosity of the research objects was determined using the scanning pressure method on the Porolux 100 device. The work contains graphs of air flow distribution through certain pore diameters of control and plasma-modified leather samples of chrome and vegetable tanning. The study establishes the possibility of redistribution and averaging of the pores of the study objects.

Ключевые слова: неравновесная низкотемпературная плазма, пористость, метод сканирующего давления, кожа из шкур рыб, хромовое и растительное дубление, распределение пор.

Keywords: nonequilibrium low-temperature plasma, porosity, scanning pressure method, leather from fish skins, chrome and vegetable tanning, pore distribution.

Введение

В современном мире характерно постоянное расширение ассортимента продуктов, одежды, декоративных изделий, фурнитуры и соответственно материала, необходимого для их изготовления. Исследование кожи из шкур рыб в качестве кожевенного сырья является актуальным направлением как в области науки, так и дизайна. Выделанная рыбья кожа почти не уступает по качеству коже, произведенной из шкур крупного рогатого скота, овец и других животных.

Согласно [1] строение кожи теплокровных животных представлено тремя слоями: эпидермис, дерма и подкожная клетчатка. Данная структура является пригодной для проведения технологических процессов и операций производства кожи.

В структуре кожи рыб так же, как и у теплокровных животных, выделяют три слоя.

1. Тонкий эпидермис, углубляющийся в дерму с образованием сумок, в которых заключена чешуя.

2. Дерма рыб делится на два слоя. Верхний слой характеризуется слабо развитым

переплетением пучков коллагеновых и эластиновых волокон, расположенных в различных направлениях. Верхний слой дермы рыхлый, так как в нем расположено большое количество нервных окончаний, кровеносных сосудов, чешуя, и развиваются пигментные клетки. Хорошо развитый нижний слой дермы (плотное переплетение тонких соединительнотканых волокон) предполагает высокие показатели прочности и другие товарные свойства готовых кож.

3. Подкожная клетчатка зависит от вида рыбы, топографического участка тела [2].

Представленное строение говорит о том, что структура кожи рыб схожа со структурой кож млекопитающих животных, оба материала являются капиллярно-пористыми.

В настоящее время актуально применение неравновесной низкотемпературной плазмы в целях повышения физико-механических, гигиенических и эстетических свойств готовых материалов легкой промышленности [3...8]. Из работ [4], [7], [8] известно, что основным эффектом использования плазменной модификации в произ-

водстве кожи из традиционных видов сырья является получение более развитой и равномерной волокнистой микроструктуры дермы.

Методы

В данной статье проведено исследование влияния низкотемпературной плазмы на размеры пор полуфабрикатов хромового и растительного методов дубления после красильно-жировальных процессов.

Объектами исследования выбраны полуфабрикаты из шкур семги хромового и растительного дубления. Оптимальные режимы плазменной обработки объектов исследования определены с помощью программы Statistica 10 (функция отклика – намокаемость и краевой угол смачивания полуфабриката).

Отобраны четыре образца полуфабриката хромового дубления:

1 – контрольный,

2 – модифицированный плазмой с параметрами: $t=5$ мин, $W_p=500$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц,

3 – модифицированный плазмой с параметрами: $t=5$ мин, $W_p=800$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц,

4 – модифицированный плазмой с параметрами: $t=7$ мин, $W_p=800$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц.

Для кож растительного дубления:

1 – контрольный,

2 – модифицированный плазмой с пара-

метрами: $t=7$ мин, $W_p=800$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц,

3 – модифицированный плазмой с параметрами: $t=5$ мин, $W_p=1200$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц.

Анализ пор проводился методом сканирующего давления на приборе Poreluxe 100. Методика проведения заключается в том, что предварительно смоченный специальной жидкостью Porefil образец помещался в ячейку, к которой в порометр капиллярного потока подводится поток воздуха с постепенно увеличивающимся давлением в необходимом диапазоне. Изначально сканировались поры мокрого образца, затем тот же самый эксперимент проводился для сухого образца, по результатам с помощью программного обеспечения строились мокрая и сухая кривые образцов, на основании которых сделаны дифференциальные и интегральные кривые, которые дают общую картину пористой структуры образца [9].

Результаты и обсуждения

Значения диаметров пор кожи из шкур семги хромового дубления и процент потока воздуха, проходящий через них, представлены в табл. 1 (зависимость потока воздуха, проходящего через поры, от их диаметра (кожа хромового дубления)) и на графике интегральных кривых рис. 1 (интегральная кривая контрольного и модифицированных плазмой образцов кожи семги хромового дубления после крашения).

Т а б л и ц а 1

Диаметр пор, мкм	Поток воздуха, проходящий через поры, %			
	контрольный	$t=5$ мин, $W_p=500$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц	$t=5$ мин, $W_p=800$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц	$t=7$ мин, $W_p=800$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц
0,077	100,0	100,0	94,9	93,1
0,092	86,1	84,0	91,8	66,4
0,113	53,1	65,1	72,8	46,0
0,152	39,7	55,6	52,4	40,7
0,185	32,5	37,1	44,1	38,2
0,216	20,8	31,3	30,3	31,6
0,369	4,5	13,0	12,6	8,2
0,713	0,9	2,4	2,6	1,1
1,27	0,4	0,3	0,3	0,2

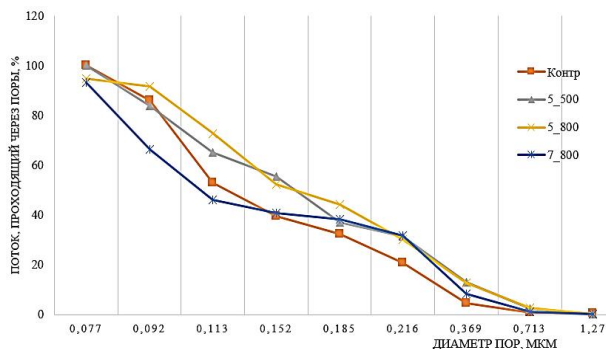


Рис. 1

Из рис. 1 видно, что плазменная обработка приводит к увеличению количества малых ($d = 0,08...0,4$ мкм) и средних пор

($d = 0,7$ мкм) при любом потоке воздуха, проходящем через поры, при этом размер больших пор ($d = 1.27$ мкм) уменьшается, следовательно, наблюдается перераспределение и усреднение пор. Исключение имеет образец, модифицированный плазмой в "сильном" режиме ($t=7$ мин, $W_p=800$ Вт), скорее всего, такой режим приводит к деструкции капиллярно-пористого материала.

В табл. 2 занесены значения диаметра пор и потока воздуха, проходящего через них, образцов кожи растительного дубления, показана зависимость потока воздуха от диаметра пор.

Таблица 2

Диаметр пор, мкм	Поток на интегральной кривой, %		
	контрольный	$t=5$ мин, $W_p=1200$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц	$t=7$ мин, $W_p=800$ Вт, $P = 26,6$ Па, $G = 0,04$ г/с, $f=13,56$ МГц
0,095	84,1	93,0	99,5
0,102	67,3	88,8	87,5
0,171	27,6	62,5	48,1
0,216	22,3	59,1	30,7
0,358	17,1	31,1	13,1
0,477	8,0	19,0	8,9
0,673	2,2	7,8	3,3
0,817	1,2	4,7	2,3
1,040	0,6	2,6	1,7

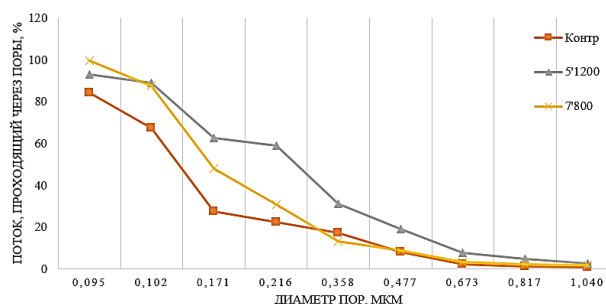


Рис. 2

На рис. 2 представлена интегральная кривая контрольного и модифицированных плазмой образцов кожи семги растительного дубления после крашения.

Анализ рис. 2 говорит о том, что модификация полуфабриката неравновесной низкотемпературной плазмой приводит к перераспределению пористой структуры дермы, при этом увеличивается размер малых и средних пор.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлена одинаковая закономерность влияния плазменной модификации полуфабриката, заключающейся в перераспределении и усреднении пористой структуры кожи из шкур семги независимо от вида дубления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Островская А.В., Гарифуллина А.Р., Абдуллин И.Ш.* Технология изделий легкой промышленности. Технология кожи и меха. – Казань: Изд-во Казанского национального исследовательского технологического университета, 2015.
2. *Киладзе А.Б.* Товароведная характеристика и оценка показателей качества шкур атлантического лосося как нового вида кожевенного сырья: Дис...канд. техн. наук. – М., 2006.
3. *Абдуллин И.Ш., Красина И.В.* Влияние низкотемпературной плазмы на физико-механические и физико-химические свойства натуральной кожи

// Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2003, № 6. С. 143...145.

4. Вознесенский Э.Ф., Дресвянников А.Ф., Красина И.В., Кулецов Г.Н. Структурные изменения кожевенных материалов под воздействием высокочастотной плазмы пониженного давления // Вестник Казанского государственного технологического университета. – 2005, № 2. Ч. 2. С. 265...269.

5. Кулецов Г.Н., Абдуллин И.Ш., Вознесенский Э.Ф., Красина И.В., Джанбекова Л.Р. Влияние НТП на ультраструктуру и технологические свойства кожевенного полуфабриката // Кожевенно-обувная промышленность. – 2008, № 6. С. 45.

6. Абдуллин И.Ш., Рахматуллина Г.Р. и др. Взаимодействие ВЧ плазмы пониженного давления с капиллярно - пористыми материалами // Кожевенно-обувная промышленность. – 2009, № 1. С. 40...42.

7. Абдуллин И.Ш., Тихонова В.П. и др. Исследование влияния неравновесной низкотемпературной плазмы на структуру дермы полуфабриката из шкур речных рыб: сазана и судака // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. С. 75...77.

8. Ахвердиев Р.Ф., Низамова Д.К., Муканжанова К.Р., Парсанов А.С., Тихонова В.П., Рахматуллина Г.Р. Исследование влияния плазменной обработки на пористость кожи из шкур камбалы // Новые технологии и материалы легкой промышленности: XIV Междунаро. научн.-практ. конф. с элементами научной школы для молодых ученых: Сборник статей. – Казань, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – 2018. С.108...110.

9. Сайт лабораторного оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.czl.ru/netcat_files/userfiles/PDF/porolux100itog.pdf

REFERENCES

1. Ostrovskaya A.V., Garifullina A.R., Abdullin I.Sh. Technology of light industry products. Leather and fur technology. – Kazan: Publishing House of Kazan National Research Technological University, 2015.

2. Kiladze A.B. Commodity characteristics and evaluation of quality indicators of Atlantic salmon skins

as a new type of raw leather: dissertation of Candidate of Technical Sciences. – M., 2006.

3. Abdullin I.Sh., Krasina I.V. The influence of low-temperature plasma on the physico-mechanical and physico-chemical properties of genuine leather // Proceedings of higher educational institutions: Chemistry and Chemical Technology. – 2003. № 6. P. 143...145.

4. Voznesensky E.F., Dresvyannikov A.F., Krasina I.V., Kulevtsov G.N. Structural changes of leather materials under the influence of low-pressure high-frequency plasma // Bulletin of Kazan State Technological University. – 2005, №2, Part 2.

5. Kulevtsov G.N., Abdullin I.Sh., Voznesensky E.F., Krasina I.V., Dzhanbekova L.R. The influence of STP on the ultrastructure and technological properties of a semi-finished leather product // Leather and shoe industry. – 2008, №6. P. 45.

6. Abdullin I.Sh., Rakhmatullina G.R. et al. Interaction of low-pressure RF plasma with capillary - porous materials // Leather and shoe industry. – 2009, №1. P. 40...42.

7. Abdullin I.Sh., Tikhonova V.P. et al. Investigation of the effect of nonequilibrium low-temperature plasma on the dermis structure of semi-finished products from the skins of river fish: carp and walleye // Bulletin of Kazan Technological University. – 2014. P. 75...77.

8. Akhverdiev R.F., Nizamova D.K., Mukanzhanova K.R., Parsanov A.S., Tikhonova V.P., Rakhmatullina G.R. Investigation of the effect of plasma treatment on the porosity of flounder skin / R.F. Akhverdiev, // New technologies and materials of light industry: XIV International scientific and practical conference with elements of a scientific school for young scientists: Collection of articles. – Kazan, Kazan National Research Technological University, 2018. P.108...110.

9. Website of laboratory equipment [Electronic resource]. – Access mode: https://www.czl.ru/netcat_files/userfiles/PDF/porolux100itog.pdf

Рекомендована кафедрой плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов. Поступила 04.10.22.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА
ПОСЛЕ БИОХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ К КРАШЕНИЮ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИФЕРМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ***

**STUDY OF COTTON FIBER IMPURITIES CONTENT
AFTER BIOCHEMICAL PREPARATION FOR DYING
USING POLY-ENZYME COMPOSITIONS**

К.А. ЛЕНЬКО, Н.Н. ЯСИНСКАЯ

K.A. LENKO, N.N. YASINSKAYA

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus)

E-mail: kotya240497@mail.ru, yasinskaynn@rambler.ru

Наличие сопутствующих веществ хлопкового волокна препятствует проникновению химических реагентов, красителей и отделочных препаратов вглубь волокна в процессе отделки текстильных материалов. Сложность состава, химическая неоднородность компонентов хлопкового волокна обуславливают разнообразие методов его очистки, главной целью которой является придание волокну устойчивой и равномерной сорбционной способности. Проведены исследования по разработке технологии отварки хлопчатобумажных тканей с использованием полиферментных композиций белорусского производства. В результате отварки достигается максимальная очистка хлопчатобумажной ткани от сопутствующих примесей при минимальном повреждении волокнообразующего полимера. Для определения эффективности отварки устанавливали содержание в хлопковом волокне воскообразных и жирowych веществ, пектиновых веществ, степень суммарной очистки ткани от сопутствующих веществ, степень повреждения целлюлозы. Доказано, что для достижения требуемой степени очистки от примесей и максимальной смачиваемости целесообразно применять совмещенные биохимические способы подготовки, состоящие из последовательной обработки ферментными препаратами и варочным раствором традиционной щелочной отварки при низких концентрациях его составных компонентов.

The presence of accompanying substances of cotton fiber prevents the penetration of chemical reagents, dyes and finishing agents deep into the fiber in the process of finishing textile materials. The complexity of the composition, the chemical heterogeneity of the components of cotton fiber determines the variety of cleaning methods, the main purpose of which is to give the fiber a stable and uniform sorption capacity. Research has been carried out on the development of technologies for the scouring of cotton fabrics with polyenzymatic compositions of Belarusian production. As a result of scouring an extensive cleaning of cotton fabric is found, which is detached when the fiber-forming polymer is significantly damaged. To determine the effectiveness of scouring, the content of wax and fat in cotton fiber, pectin, the

* Работа финансировалась в рамках выполнения задания Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проект № T22УЗБ-062.

degree of purification from impurities, the degree of destruction of cellulose were detected. It has been established that in order to achieve the required degree of purification from impurities and high wettability, it is necessary to apply combined biochemical technologies, consisting of sequential treatment with enzyme preparations and alkalinity solution with a low content of its constituent components.

Ключевые слова: биообработка, примеси хлопкового волокна, воскообразные вещества, пектиновые вещества, степень повреждения целлюлозы, целлюлаза, пектиназа, капиллярность.

Keywords: bioprocessing, accompanying impurities, waxy substances, pectin substances, degree of damage to cellulose, cellulase, pectinase, capillarity.

Введение

В суровом виде ткани содержат многочисленные загрязнения и примеси, к которым относятся природные примеси в волокнах, технологические препараты, наносимые на волокна и пряжу на предшествующих механических стадиях текстильного производства, а также случайные загрязнения [1]. Состав и общее содержание примесей зависят от природы волокон, и может составлять до нескольких десятков процентов от общей массы материала. Природные примеси содержатся в структуре природных волокон или на их внешней поверхности. Геометрия расположения примесей вкуче с их природой диктует стратегию и тактику их удаления. Удаление загрязнений из структуры элементарных волокон при прочих равных условиях значительно сложнее, чем с внешней поверхности пряжи и нитей [1].

Среди разнообразных целлюлозных волокон широчайшее применение имеют хлопковые, которые выгодно отличаются от других своими физико-механическими свойствами, обусловленными особенностями строения и морфологии, а также наличием сопутствующих веществ [2]. Известно, что зрелое хлопковое волокно содержит: 88...96% целлюлозы, 0,7...1,2% пектиновых веществ, 1,1...1,9% белковых веществ, 0,4...1,3% воскообразных веществ, 0,7...1,6% зольных-минеральных веществ, 0,5...0,9% остальных веществ [1].

Наличие сопутствующих целлюлозе веществ оказывает влияние на технологические свойства текстильных материалов. Они заполняют и перекрывают имеющиеся

в волокне поры и капилляры, что препятствует проникновению химических реагентов, красителей и отделочных препаратов вглубь волокна в процессе отделки материалов [1]. Сложность состава, химическая неоднородность компонентов хлопкового волокна обуславливает разнообразие методов его очистки, главной целью которой является придание волокну устойчивой и равномерной сорбционной способности.

В результате традиционной щелочной отварки пектиновые вещества переходят в растворимые соединения и полностью удаляются с волокна в результате гидролиза. Азотсодержащие белковые вещества гидролизуются, образуя аминокислоты, которые с гидроксидом натрия дают растворимые в воде соли. Около 40% воскообразных веществ (жирные кислоты) омыляется с образованием натриевых солей жирных кислот. Остальные воскообразные вещества удаляются эмульгированием с помощью ПАВ [3]. Для успешного протекания процесса эмульгирования необходим перевод воскообразных веществ в расплавленное состояние. Температура плавления воскообразных веществ 80°C, поэтому температура отварки должна быть выше [3].

В таких условиях возникает неизбежное окисление целлюлозы: образуются микро- и макрорадикалы, происходит разрыв пирановых циклов и глюкозидных связей, образуется смесь окси- и гидроцеллюлозы [1]. В результате окисления происходит деструкция целлюлозных материалов, которая выражается в снижении степени полимеризации, и, как следствие, ухудшении физико-механических и других потре-

бительских свойств [4]. Кроме того, при щелочной отварке значительная часть реагентов удаляется при промывке и попадает в сточные воды и в атмосферу, нанося огромный ущерб окружающей среде.

В последние десятилетия активизировались исследования в направлении способов подготовки текстильных материалов из целлюлозных волокон с использованием ферментных препаратов, проявляющих активность при низких температурах и в нейтральных средах [5...8]. Так, наиболее часто используемым препаратом в технологиях отварки является фермент целлюлаза, вызывающая разрушение целлюлозы во внешних слоях волокна на участках с наименьшей упорядоченностью молекул [9].

Ферментные препараты способствуют удалению из волокна нецеллюлозных примесей, изменению фрикционных и механических свойств, повышению гигроскопичности и сорбционной способности. Отличием отварки с использованием ферментных препаратов является проведение технологического процесса при температуре 50...60°C, при этом удаление воскообразных примесей осуществляется за счет частичного гидролиза целлюлозы первичной стенки и разрушения кутикулы [4]. В то же время удаление восков при ферментной отварке в отличие от технологии удаления восков при щелочной отварке ($t=100^\circ\text{C}$) в основном осуществляется за счет введения ПАВ в рабочую ванну и введения дополнительного гидродинамического воздействия [3].

Однако, согласно изученным литературным источникам [3], [10], не все сопутствующие примеси хлопкового волокна возможно удалить в процессе биоотварки композицией ферментных препаратов. В частности, наибольшую трудность представляет удаление ферментами белковой части азотсодержащих веществ. Они могут быть извлечены только после их разрушения под действием горячих растворов щелочей или щелочных растворов гипохлорита натрия, или в присутствии силиката натрия [3].

В связи с этим актуальной является задача разработки комплексных технологий обработки хлопчатобумажных материалов, включающих этапы биоотварки и щелоч-

ной отварки (с сокращением концентрации NaOH в варочном растворе), позволяющих минимизировать агрессивное воздействие химических препаратов на целлюлозу, а также повысить экологичность технологий отделки.

В течение нескольких лет авторами ведутся работы по биохимической обработке текстильных материалов из целлюлозных волокон. В том числе разработаны эффективные биотехнологии отварки хлопчатобумажных и льняных тканей, проведены многочисленные исследования по подбору оптимальных схем обработки и композиций варочных растворов, в ходе которых доказана эффективность биоотварки ферментами белорусского производства (ООО "Фермент") по показателю капиллярности [10].

Целью работы является разработка технологии отварки хлопчатобумажных тканей с использованием новых составов полиферментных композиций белорусского производства, в результате которой достигается максимальная очистка хлопчатобумажной ткани от сопутствующих примесей при минимальном повреждении волокнообразующего полимера.

<u>Щелочная отварка</u>	<u>Биоотварка (режим 1)</u>	<u>Биоотварка (режим 2)</u>	<u>Щелочная отварка+биоотварка</u>
<u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> Гидроксид натрия – 10; силикат натрия (плотность 1,44) – 33; ПАВ – 0,3; гидросульфат натрия (38%-ный) – 3-5.	<u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> ПАВ – 3 г/л; Энзитекс ЦКО – 2,5 г/л; Энзитекс Био-К – 2,5 г/л; Энзитекс АТС – 2 г/л; уксусная кислота до pH=4-5.	<u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> ПАВ – 3 г/л; Энзитекс ЦКО – 1,5 г/л; Энзитекс Био-К – 3 г/л; Энзитекс АТС – 2 г/л; уксусная кислота до pH=4-5.	<u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> Энзитекс ЦКО – 1,5 г/л; Энзитекс Био-К – 3 г/л; Энзитекс АТС – 2 г/л; уксусная кислота до pH=4-5.
↓	↓	↓	↓
<u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 2 ч; Температура раствора t – 100°C.	<u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 1 ч; Температура раствора t – 50°C.	<u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 1 ч; Температура раствора t – 50°C.	<u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 30 мин. Температура раствора t – 50°C.
↓	↓	↓	↓
<u>Промывка горячей и холодной водой</u>	<u>Деактивация ферментов:</u> Продолжительность τ – 10 мин.; Температура t – 100°C.	<u>Деактивация ферментов:</u> Продолжительность τ – 10 мин.; Температура t – 100°C.	<u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> Гидроксид натрия – 5; силикат натрия (плотность 1,44) – 33; ПАВ – 0,3; гидросульфат натрия (38%-ный) – 3-5.
	↓	↓	↓
	<u>Промывка горячей и холодной водой</u>	<u>Промывка горячей и холодной водой</u>	<u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 30 мин.; Температура раствора t – 100°C.
			↓
			<u>Промывка горячей и холодной водой</u>

Рис. 1

Объекты и методы исследования

Объект исследования – суровая хлопчатобумажная ткань полотняного переплетения (ОАО "Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение") поверхностной плотностью 120 г/м². Проведена отварка данной ткани по четырем тех-

нологиям (рис. 1 – схемы обработки хлопчатобумажных тканей).

В качестве ферментных препаратов в исследовании применяли препараты белорусского производителя – фирма ООО "Фермент". Характеристики используемых препаратов представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Название препарата	Характеристики
Энзитекс ЦКО	Кислая целлюлаза, активность 10000 ед/г, оптимальные условия действия рН от 4,5 до 5,5, рабочая температура 30...70°C
Энзитекс Био-К	Кислая пектиназа, активность 6500 ед/г, оптимальные условия действия рН от 3,0 до 4,5, рабочая температура 40...60°C
Энзитекс АТС	Бактериальная α-амилаза, активность 10000 ед/г, оптимальные условия действия рН от 5,5 до 6,5, рабочая температура 40...90°C

Для определения эффективности отварки устанавливали содержание в хлопковом волокне воскообразных и жировых веществ, пектиновых веществ, степень суммарной очистки ткани от сопутствующих веществ, степень повреждения целлюлозы.

Для определения воскообразных и жировых веществ хлопкового волокна применялся метод экстрагирования их спирто-бензольным реактивом (1:1) в аппарате Сокслета [4]. После высушивания материала до постоянной массы при t=90°C и охлаждения в эксикаторе его взвешивали с точностью до 0,001 и рассчитывали содержание жировосков (%) по формуле:

$$x = \frac{m_1 \cdot 100}{m_2 \cdot (100 - W)} \quad (1)$$

Пектиновые вещества извлекали 1%-ным раствором лимонно-кислого аммония с последующим спектрофотометрическим измерением на спектрофотометре РВ 2201, предназначенном для измерения спектральных коэффициентов направленного пропускания, оптической плотности в прозрачных жидких растворах и твердых образцах и определения концентрации веществ в спектральном диапазоне 190...1100 нм. Измерения проводили при длине волны 360, 390, 530 и 630 нм с последующим расчетом количественного содержания полисахаридов, входящих в состав пектиновых веществ (гексозанов, пентозанов, полиуронидов, фур-

фуурола), а также расчетом количественного содержания пектиновых веществ [4].

Степень суммарной очистки ткани от сопутствующих веществ определяли спектрофотометрически по мутности сернокислых растворов целлюлозы, которую характеризуют посредством оптической плотности [3].

Степень повреждения целлюлозы хлопкового волокна определяли по величине относительной вязкости ($\eta_{уд}$) 0,1% медно-аммиачных растворов целлюлозы с использованием ротационного вискозиметра Lamy Rheology RM100 PLUS [3].

Результаты и обсуждения

Воскообразные примеси в хлопке локализованы в периферийной части (кутикула и первичная стенка) волокна [1]. Основу восков составляют углеводороды, жирные кислоты и их эфиры, а также высокомолекулярные спирты. Одним из важных условий очистки целлюлозного волокна от воскообразных соединений является перевод их в расплавленное или размягченное состояние [11]. В щелочной среде омыляется до 37% воскообразных примесей хлопка, остальная часть может быть удалена только эмульгированием или растворением в неполярных органических растворителях [1].

Формируя технологию подготовки текстильных материалов из природных растительных волокон, следует учитывать, что определенную часть воскообразных примесей желательнее оставлять на волокне, по-

сколькx они улучшают упругоэластические свойства волокон и повышают потребительские (физико-механические) свойства текстильного материала. Известно, что уменьшение содержания воскообразных примесей до 0,11% и ниже приводит к потере прочности на раздирание на 30% [1].

Щелочная отварка способствует удалению 0,185% экстрактивных веществ хлопка, в то время как биоотварка выделяет около 0,546% воскообразных и жировых примесей (рис. 2 – гистограмма содержания экстрагируемых (воскообразных и жировых) веществ хлопчатобумажных тканей в спирто-бензольной смеси).

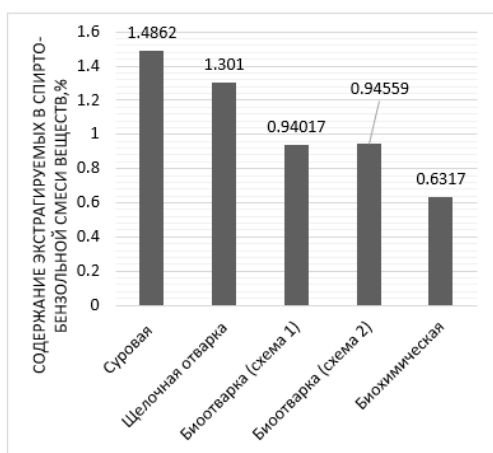


Рис. 2

Наименьший процент содержания жировосков демонстрирует образец, прошедший совмещенную биохимическую обработку, включающую в себя проведение последовательно ферментной и традиционной щелочной отварки. Данная закономерность подтверждается результатами исследований, представленными в работе [11], согласно которым удаление восков при ферментной отварке в основном осуществляется за счет введения в рабочую ванну ПАВ и введения дополнительного гидродинамического (механического) воздействия. Благодаря частичному разрушению первичной стенки хлопкового волокна и разрыхлению его структуры ферментами происходит более полная сорбция ПАВ в поверхностных структурах поврежденного волокна, что позволяет удалить наибольшее количество жировых веществ путем эмульгирования.

Пектиновые вещества являются одними из основных спутников целлюлозы. Эта группа сложных по составу углеводов, состоящих из полигалактуроновой кислоты. В хлопке пектиновые вещества сосредоточены в кутикуле и в первичной стенке (37%). Они могут быть связаны в комплекс с воскообразными и с самой целлюлозой, что затрудняет их удаление из волокна [1].

Пектин может извлекаться из целлюлозного волокна различными методами. За счет гидролитической деструкции гликозидных связей большая часть пектиновых веществ растворяется в растворах щелочей и кислот. При обработке хлопкового волокна перекисными растворами в зависимости от концентрации перекиси водорода может удаляться от 11 до 29% пектиновых соединений. Пектиновые вещества могут удаляться при отварке хлопка со щелочью под давлением, а также с применением ферментных препаратов [3]. Под действием пектиназ гидролитическое расщепление пектиновых веществ происходит в несколько этапов: протопектиназа действует на нерастворимый протопектин путем разрушения связей между компонентами клеточных стенок и пектином, в результате чего последний переходит в растворимое состояние [9].

На рис. 3 представлены зависимости оптической плотности нейтрализованного гидролизата с содержащимися в нем пектиновыми веществами от длины волны [4].

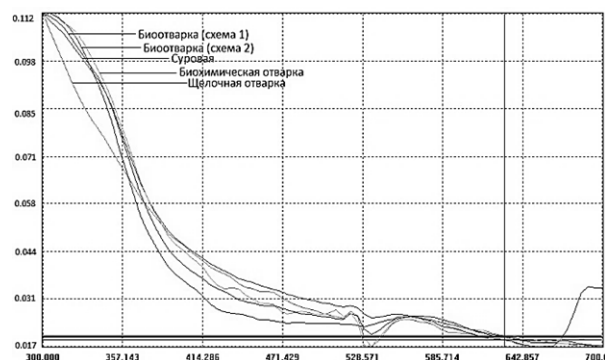


Рис. 3

Использование ферментной отварки с пектиназой в составе композиции вызывает гидролитическое расщепление пектиновых веществ, способствует эффективному их

извлечению из волокна (рис. 4 – гистограмма расчетных значений содержания пектиновых веществ (%) в структуре волокна).

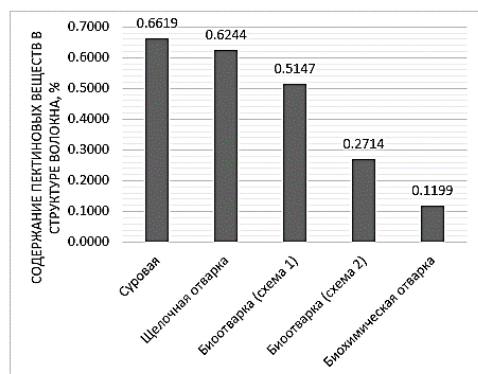


Рис. 4

С увеличением концентрации пектиназы в варочном растворе (схема 2, биохимическая отварка) увеличивается доля удаленных пектиновых веществ.

Визуальная оценка серно-кислых растворов образцов целлюлозы позволяет сделать вывод о наибольшем проценте удаленных сопутствующих примесей ткани после биохимической отварки (рис. 5 – серно-кислые растворы целлюлозы; а) суровой; б) после щелочной отварки; в) после биоотварки (режим 1); г) после биоотварки (режим 2); д) после биохимической отварки).

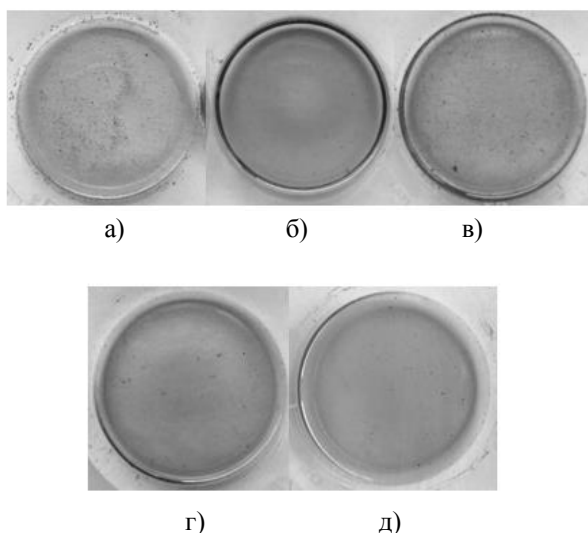


Рис. 5

Такие же результаты демонстрирует гистограмма оптической плотности серно-

кислых растворов (190) нм исследуемых хлопчатобумажных тканей – оптическая плотность раствора после биохимической отварки по сравнению с растворенной суровой тканью падает на 30% (рис. 6 – гистограмма оптической плотности серно-кислых растворов целлюлозы).

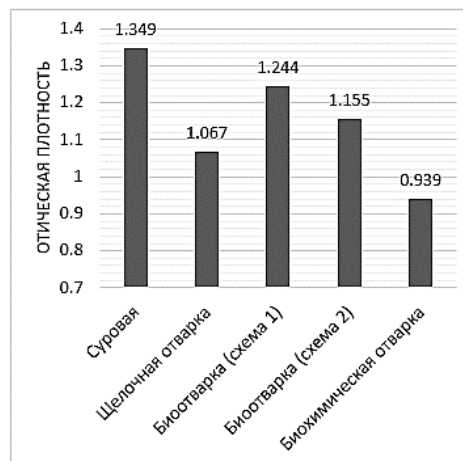


Рис. 6

На 9% меньше совмещенной отварки позволяет удалить щелочная отварка материалов, и на 10% больше, чем чистая биоотварка. При этом происходит уменьшение концентрации NaOH в 2 раза, сокращение продолжительности обработки в щелочном растворе, а также воздействия высокой температуры более чем в 2 раза.

Таким образом, на данном этапе исследований установлено, что наиболее эффективной с точки зрения удаления сопутствующих примесных соединений хлопка является совмещенная биохимическая отварка.

Известно, что целлюлаза вызывает гидролиз β -глюкозидной связи в углеводах [1]. Результатом такого гидролиза целлюлозы является ее деструкция. Гидроцеллюлоза отличается повышенной растворимостью в горячих водных, особенно щелочных растворах. Таким образом, щелочная отварка увеличивает степень деструкции хлопкового биополимера за счет обработки при высоких температурах. Следовательно, учитывая, какое воздействие на целлюлозу оказывает отварка, будь то щелочная или ферментная, принято решение определить, в какой степени приведенные технологии способствуют разрушению целлюлозы.

Вязкость медно-аммиачного раствора образца ткани, биообработанной по режиму 2 (с меньшей концентрацией фермента целлюлаза), снизилась по сравнению с раствором сурового образца на 3,5%, и превысила показатель вязкости раствора образца, подготовленного по режиму 1 (рис. 7 – гистограмма вязкости медно-аммиачных растворов целлюлозы).

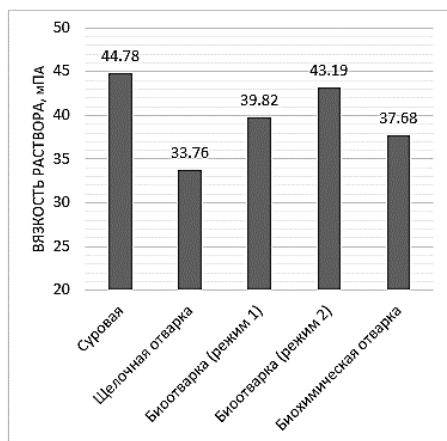


Рис. 7

Введение в технологию щелочной отварки этапа биоотварки и снижение концентрации щелочи в составе варочного раствора позволяет понизить степень деструкции целлюлозы – вязкость медно-аммиачного раствора повышается на 10% по сравнению с вязкостью раствора после щелочной отварки.

Для определения эффективности подготовки хлопчатобумажной ткани по биохимической и щелочной технологиям исследован показатель капиллярности [12]. Исследуемая хлопчатобумажная ткань производства ОАО "Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение" предназначена для изготовления постельного белья. Технические условия на постельные ткани не содержат требования, предъявляемые к капиллярности [13], однако известно, что капиллярность хорошо подготовленной хлопчатобумажной ткани составляет около 125...140 мм за 30 мин [10]. На рис. 8 представлена диаграмма зависимости подъема водяного столбика от времени исследуемых образцов ткани.

Наилучшей смачиваемостью обладают образцы, подготовленные по биохимической и щелочной технологии, их капиллярность составляет 164 и 142 мм/ч соответственно.

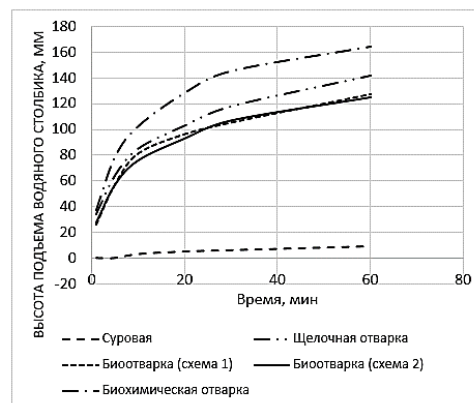


Рис. 8

ВЫВОДЫ

Не смотря на то, что применение ферментной отварки позволяет максимально сохранить целлюлозу, для достижения требуемой степени очистки от примесей и максимальной смачиваемости, целесообразно применять совмещенные биохимические способы подготовки, состоящие из последовательной обработки ферментными препаратами и варочным раствором традиционной щелочной отварки при малых концентрациях его составных компонентов. Благодаря применению нетоксичных биорасщепляемых ферментов в технологии подготовки хлопчатобумажных текстильных материалов к крашению возможно уменьшение концентрации NaOH в 2 раза, сокращение продолжительности обработки в щелочном растворе, а также воздействия высокой температуры более чем в 2 раза путем дополнительного разрыхления структуры волокна и создания условий для более глубокого и полного удаления примесей. Результат мягкого воздействия – сохранение волокнообразующего полимера, а следовательно, прочности волокна, а также снижение негативного влияния на экологическую обстановку.

Использование в биотехнологии отварки полиферментных композиций позво-

ляет комплексно воздействовать на различные виды примесей, способствуя проведению эффективной очистки волокна и придания ему повышенных гидрофильных свойств.

Разработанная технология биохимической отварки апробирована в условиях ОАО "Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение" (Республика Беларусь) для подготовки хлопчатобумажных тканей под крашение в средние и темные тона и успешно внедрена в производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кричевский Г.Е.* Химическая технология текстильных материалов. – М.: РЗИТЛП. – 2001.
2. *Забивалова Н.М., Бочек А.М., Кутузова С.Н., Лаврентьев В.К.* Влияние химического состава и структурной организации волокон льна разных сортов на их деформационно-прочностные и физико-химические свойства // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2009, № 2. С. 44...49.
3. *Барышева Н.В.* Разработка основ ферментативной технологии отварки хлопчатобумажных тканей: Дис... канд. техн. наук. – М.: РГБ, 2006.
4. *Алеева С.В.* Методологические основы совершенствования процессов биохимической модификации льняных текстильных материалов: Дис ... док. техн. наук. – М.: ИВГПУ, 2014.
5. *Алеева С.В., Кокшаров С.А.* Исследование и описание изменения капиллярности льняной ткани в условиях ферментативной обработки // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2012, № 3. С.91...95.
6. *Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O.* Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning // Autex Research journal. – 2015, 3. P. 215...225.
7. *Алеева С.В., Кокшаров С.А.* Химия и технология биокатализируемого наноконструирования льняных текстильных материалов // Российский химический журнал им. Д.И. Менделеева. – 2011, №3. С.46...58.
8. *Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А.* Биохимические методы развития удельной поверхности льняных материалов для получения сорбентов и демпфирующих композитов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 4. С. 89...95.
9. *Ясинская Н.Н., Скобова Н.В., Котко К.А.* Применение ферментных препаратов пектинолитического действия для подготовки льняных тканей к колорированию // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2018, № 2. С. 104...111.

10. *Котко К.А., Ясинская Н.Н., Скобова Н.В.* Инновационная биотехнология подготовки целлюлозосодержащих текстильных материалов // Сб. научн. работ студентов Республики Беларусь "НИРС 2018". – Минск: БГУ, 2019. С. 168...170.

11. *Пряжникова В.Г.* Создание и применение препарата на базе ПАВ для интенсифицированной отварки хлопчатобумажных тканей: Дис ... канд. техн. наук. – М.: ИВГПУ, 2003.

12. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств (с Изменениями №1-4) : ГОСТ 3816-81. – Введ. 30.06.1982. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1981.

13. Белье постельное. Общие технические условия : ГОСТ 31307-2005. – Введ. 01.01.2007. – М.: Стандартинформ, 2006.

REFERENCES

1. *Krichevsky G.E.* Chemical technology of textile materials: textbook. for universities. – М.: RCITLI. – 2001.
2. *Zabivalova N.M., Bochek A.M., Kutuzova S.N., Lavrentiev V.K.* Influence of the chemical composition and structural organization of flax fibers of different varieties on their deformation-strength and physico-chemical properties // Vestnik of the St. Petersburg State University of Technology and Design. – 2009, №. 2. P. 44 ...49.
3. *Barysheva N.V.* Development of the basics of the enzymatic technology for the decoction of cotton fabrics: Dis. ... cand. tech. Sciences. – М.: RSL, 2006.
4. *Aleeva S.V.* Methodological bases for improving the processes of biochemical modification of linen textile materials: Dis. ... doc. tech. Sciences. – М.: IVSPU, 2014.
5. *Aleeva S.V., Koksharov S.A.* Study and description of changes in the capillarity of linen fabric under conditions of enzymatic treatment // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, № 3. P. 91...95.
6. *Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O.* Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning // Autex Research journal. – 2015, 3. P. 215...225.
7. *Aleeva S.V., Koksharov S.A.* Chemistry and technology of biocatalyzed nanoconstruction of linen textile materials. DI. Mendelev. – 2011, № 3. P. 46...58.
8. *Aleeva S.V., Lepilova O.V., Koksharov S.A.* Biochemical methods for the development of the specific surface of linen materials for the production of sorbents and damping composites. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018., №4. P. 89...95.
9. *Yasinskaya N.N., Skobova N.V., Kotko K.A.* The use of pectinolytic enzyme preparations for the preparation of linen fabrics for coloring // Vestnik of the Vitebsk State Technological University. – 2018, № 2. P.104...111.

10. Kotko K.A., Yasinskaya N.N., Skobova N.V. Innovative biotechnology for the preparation of cellulose-containing textile materials // Collection of scientific works of students of the Republic of Belarus "NIRS 2018". – Minsk: BSU, 2019. P. 168...170.

11. Pryazhnikova V.G. Creation and application of a preparation based on surfactants for the intensified decoction of cotton fabrics: dis. ... cand. tech. Sciences. – M.: IVSPU. – 2003.

12. Textile fabrics. Methods for determining hygroscopic and water-repellent properties (with Changes №1-4): GOST 3816-81. – Input. 06/30/1982. – M.: ИПК Publishing house of standards, 1981.

13. Bed linen. General specifications: GOST 31307-2005. – Input. 01.01.2007. – M.: Standartinform, 2006.

Рекомендована кафедрой экологии и химических технологий. Поступила 06.10.22.

УДК 687.03:677.11+677.027.625.11
DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_126

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ УМЯГЧАЮЩАЯ ОБРАБОТКА ЛЬНЯНЫХ ИЗДЕЛИЙ: ВОЗДЕЙСТВИЕ ЦЕЛЛЮЛАЗ В СТРУКТУРЕ НАБУХШЕГО ВОЛОКНА*

ENZYMATIVE SOFTENING TREATMENT OF LINEN PRODUCTS: THE IMPACT OF CELLULASES IN THE SWOLLEN FIBER STRUCTURE

S.V. ALEEVA, O.V. LEPILOVA, S.A. KOKSHAROV, T.S. SOLODUSHENKOVA, N.L. KORNILOVA

S.V. ALEEVA, O.V. LEPILOVA, S.A. KOKSHAROV, T.S. SOLODUSHENKOVA, N.L. KORNILOVA

(Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново,
Ивановский государственный политехнический университет,
Уфимский государственный нефтяной технический университет)

(G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Ivanovo,
Ivanovo State Polytechnical University,
Ufa State Petroleum Technical University)

E-mail: sva@isc-ras.ru

Актуально совершенствование методов биохимической отделки льняных тканей для устранения существующих барьеров, связанных с сопутствующим проявлением усадки и потерь прочности текстильного материала. Сопоставлены результаты модификации отбеленного полотна в растворах одиннадцати коммерческих целлюлазных препаратов. На основе экспериментальных данных получена комплексная характеристика влияния способности ферментов к диффузии в структуру волокна на величину целевых и побочных нежелательных изменений деформационных свойств ткани. Оценка свойств целлюлазных препаратов проведена по уровню эндогликаноазной активности в растворе, размеру молекул и степени адсорбционного связывания твердофазным субстратом с использованием методов электронной и фотонной корреляционной спектроскопии. Для анализа свойств ткани применены метод сканирующей электронной микроскопии и стандартные методы текстильного материаловедения для измерения

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Фонда содействия инновациям № 3480ГС1/57516 "Разработка лабораторной технологии градиентного мягчения льняных полуфабрикатов с использованием жидкостной и маломодульной ферментативной обработки и лабораторных образцов ферментных препаратов, изготовление и исследование лабораторных образцов швейных изделий легкого и костюмного ассортимента" с применением приборной базы ЦКП "Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований".

жесткости при изгибе, прочности при одноосном растяжении и изменения линейных размеров. Впервые показана возможность и сопоставимость достигаемых эффектов смягчения материала за счет объемной модификации клеточной стенки волокна и периферийного воздействия на микрофибриллы целлюлозы в первичной клеточной стенке. Показано, что усадка и потери прочности ткани обусловлены действием целлюлаз в толще волокна. Сопоставлен вклад каждого из варьируемых свойств биопрепаратов и их совместное влияние на изменение свойств ткани. Предложены зависимости для подбора ферментных препаратов. Наилучшее сочетание характеристик ткани обеспечивает обработка в растворе целлюлаз с высоким или средним уровнем сорбционного связывания на волокне и размерами молекул более 30 нм.

The article is devoted to the methods of biochemical finishing of linen fabrics improving in order to eliminate the existing barriers associated with the accompanying manifestation of shrinkage and loss of the textile material strength. The authors have carried out the modification of the bleached fabric in solutions of eleven commercial cellulase preparations, as a result of which a complex characteristic of the enzymes ability effect to penetrate into the fiber structure has been obtained. We have found that the value of target and side undesirable changes in tissue deformation properties is affected by the following properties of cellulase preparations: the level of endoglucanase activity in solution, the degree of adsorption binding by a solid-phase substrate, and the size of molecules, which were determined using electron and photon correlation spectroscopy. To analyze the properties of fabric, the method of scanning electron microscopy and standard methods of textile materials science were used to measure bending stiffness, uniaxial tensile strength, and changes in linear dimensions. The article shows the possibility of softening the material due to the volumetric modification of the fiber cell wall and the peripheral effect on cellulose microfibrils in the primary cell wall. We found that shrinkage and loss of tissue strength are due to the action of cellulases in the thickness of the fiber. The contribution of each of the varied biological preparations properties and their combined effect on the change in tissue properties are compared. Dependences for the selection of enzyme preparations are proposed. We have also found out that the best combination of tissue characteristics is provided by the treatment in a solution of cellulases with a high or medium level of sorption binding on the fiber and molecular sizes of more than 30 nm.

Ключевые слова: многослойная структура волокон льна, биомодификация, свойства ферментных препаратов, деформационные свойства ткани.

Keywords: multilayer structure of flax fibers, biomodification, properties of enzyme preparations, deformation properties of fabric.

Неуклонно возрастает спрос на умягченные льняные ткани для производства одежды [1]. Улучшение грифа льняных полотен отмечают при использовании целлюлазных препаратов на стадии их подготовки к крашению как сопутствующий эффект к повышению качества окраски [2]. Мягчение целлюлазами рекомендуют также и для заключительной отделки льняных

полотен [3], [4]. Однако снижение жесткости сопряжено с более или менее существенным проявлением усадки и потерей прочности тканей. Предполагают [5], что уровень позитивных и негативных отклонений в свойствах материалов зависит от глубины проникновения биокатализаторов в толщу волокнистого материала.

Предпосылкой для постановки задач исследования являются современные представления о формировании многослойной структуры волокон льна в динамике развития растительных клеток на двух последовательно протекающих стадиях: первоначального удлинения и дальнейшего утолщения [6], [7]. Строение льняного волокна с принятыми обозначениями слоев и схематическим изображением ориентации микрофибрилл целлюлозы показано на рис. 1.

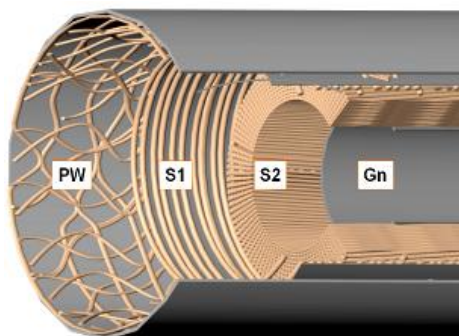


Рис. 1

Механические свойства зрелого волокна определяются основным S2-слоем вторичной клеточной стенки, который на 90% состоит из целлюлозы. Высокую жесткость и низкую деформируемость волокна связывают с тем, что спирально расположенные микрофибриллы целлюлозы в S2-слое имеют очень малый угол наклона к продольной оси волокна (не более 10°).

С увеличением микрофибриллярного угла деформационная способность клеточной стенки возрастает. В S1-слое микрофибриллярный угол целлюлозы достигает $60...80^\circ$ [8]. Следовательно, целлюлозный компонент S1-слоя не вносит существенного вклада в величину жесткости волокна, как и Gn-слой вторичной клеточной стенки, сформированный преимущественно разветвленными макромолекулами галактана [9] и практически отсутствующий в зрелых волокнах льна.

Особое строение имеет целлюлозный компонент первичной клеточной стенки, формирующейся на первой стадии развития растительных клеток (удлинение), в конце которой толщина волокна не превышает 5 мкм [10]. Содержание целлюлозы в

PW-слое составляет 25...40%, а ее микрофибриллы имеют сетчатое переплетение [11]. На стадии утолщения поперечные размеры клетки возрастают до 20 мкм за счет расширения вторичной клеточной стенки. При этом под влиянием тургорного давления внутренних слоев происходит уплотнение целлюлозной сетки в PW-слое с объединением участков микрофибрилл в удлиненные пучки, концентрирующие внутренние растягивающие усилия. В таком состоянии целлюлоза формирует своеобразный каркас, стягивающий клетку элементарного льняного волокна.

Цель работы состоит в выявлении связи между биокатализируемой деструкцией целлюлозы в разных структурных зонах льняного волокна и отклонениями технологических свойств тканого полотна. Факторами, регулирующими проникновение ферментов в структуру волокна, являются размерные параметры молекулы энзимов и необратимость их адсорбционных взаимодействий с твердофазным субстратом.

Материалы и методы

Объект исследования – отбеленная льняная ткань полотняного переплетения арт. 590 (ОАО "Вологодский текстиль"). Сведения об исходном уровне модифицируемых свойств ткани приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование показателя, обозначение, размерность	Величина показателя	
	основа	уток
Жесткость на изгиб, $E_{исх}$, мкН·см ²	83,5	79,4
Разрывная нагрузка, $R_{исх}$, сН	870	790
Технологическая усадка*, $Y_{исх}$, %	0,2	0,15

Примечание. * – усадка при обработке в воде, моделирующей условия обработки ферментными препаратами.

Для биомодификации ткани применены коммерческие целлюлазные препараты: Ультрафло Коре ("Русфермент", Россия); ЦеллоЛюкс А и ЦеллоЛюкс F ("Сиббиофарм", Россия); Энзитекс и Фекорд 2012С ("Фермент", Беларусь); Stonezyme Р и Cellusoft Ultra ("Novozymes", Дания); Цел-

люзим ультра ("Энзим", Украина); Conzyme TM90 ("Sunson group", Китай); Rucolase ZLL ("Rudolf Chemie", Германия); KAC® 500 ("Genencor International Inc.", США). Биопрепаратам случайным образом присвоены порядковые номера от Ф1 до Ф11.

Активность эндоглюканазы в растворах (СА, ед./мл) определяли по образованию сахаров при гидролизе фильтровальной бумаги в течение 60 мин при 50°C [12].

Для оценки сорбционных свойств целлюлаз суспензию микрокристаллической целлюлозы (50 г/л) в растворе ферментов перемешивали 30 мин при 8°C, центрифугировали и определяли в супернатанте остаточную концентрацию белка по поглощению на длине волны 280 нм [13]. Степень адсорбционного связывания белка (а, отн. ед.) выражали в долевого отношении к его содержанию в исходном растворе.

Размер глобулы ферментов определяли методом фотонной корреляционной спектроскопии на анализаторе Zetasizer Nano ZS с учетом рекомендаций [14]. По распределению относительного числа частиц определяли долевого содержание фракций с размерами менее 30 нм (b, отн. ед.), что соответствует максимальному диаметру мезопор в набухшем льняном волокне [15].

Обработку ткани растворами биопрепаратов проводили при 40...45°C в течение 40 мин. Подбором концентрации препаратов обеспечивали постоянный уровень активности эндоглюканазы (СА = 26 ед./мл). Оптимальный уровень рН для каждого препарата поддерживали с помощью натрий-ацетатных буферных смесей.

Для оценки состояния волокна в исследуемой ткани использовали сканирующий электронный микроскоп Quattro S.

Измерение жесткости образцов ткани при изгибе (EI, мкН·см²) осуществляли консольным методом на приборе ПТ-2 в соответствии с ГОСТ 10550–93.

Величину разрывной нагрузки образцов ткани (Р, сН) определяли методом одноосного растяжения на разрывной машине согласно ГОСТ 3813–72.

Технологическую усадку (У, %) оценивали по изменению размера образцов до и

после биообработки в соответствии с ГОСТ 3811–72 в части определения линейных размеров текстильных изделий.

Результаты и обсуждение

На рис. 2 приведены СЭМ-изображения нити (а) и волокна (б), выделенных из исследуемой отбеленной льняной ткани.

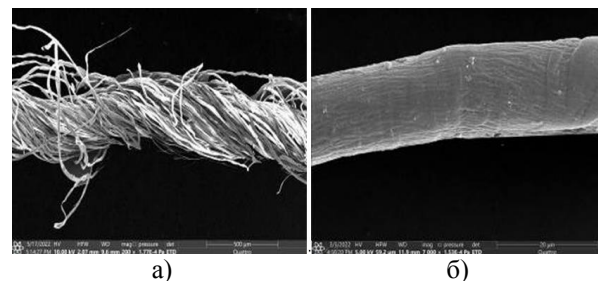


Рис. 2

В отличие от изделий из серого льняного волокна, содержащего значительные количества нецеллюлозных примесей [4], в отбеленной ткани полимерные спутники целлюлозы достаточно полно удалены на стадиях подготовки при получении пряжи и облагораживании тканого полотна. Достигается элементаризация лубяных пучков (рис. 2-а). Структурное единство нити обеспечивается за счет сплетения (спутывания) волокон в процессе крутки пряжи. Поверхность элементарного волокна (рис. 2-б) полностью освобождена от примесей. Четко просматривается рельеф обнаженной сетки микрофибрилл целлюлозы в первичной клеточной стенке волокна.

Данные рис. 2 аргументируют применение целлюлаз для финишной отделки отбеленной ткани в отличие от возможных альтернативных вариантов воздействия на разные биополимерные системы на начальной стадии биоскоринга льняного волокна [16]. Вместе с тем, эффективность действия целлюлаз будет определяться их способностью к внедрению в поровую структуру набухшего льняного волокна. Характеристика свойств биопрепаратов, используемых в качестве регулирующих параметров, представлена в табл. 2.

С учетом величины анализируемых показателей проведено подразделение ферментных препаратов. По данным необратимого связывания с целлюлозой выделяем 3 группы: 1а – слабо адсорбирующиеся; 2а –

прочно адсорбирующиеся и 3а – средне адсорбирующиеся ферменты. По содержанию фракций, соразмерных с диаметром поровой структуры набухшего волокна,

градация препаратов имеет следующий вид: 1b – объемного действия; 2b – периферийного действия; 3b – смешанного проявления активности.

Т а б л и ц а 2

Биопрепарат	Адсорбционное связывание а, отн. ед.	Содержание малоразмерных фракций b, отн. ед.	Группа адсорбция – размер
Ф1	0,46	1	3а – 1b
Ф2	0,37	0,59	3а – 3b
Ф3	0,32	0,98	3а – 1b
Ф4	0,47	0,67	3а – 3b
Ф5	0,65	0,25	2а – 3b
Ф6	0,52	0,94	2а – 1b
Ф7	0,55	0,03	2а – 2b
Ф8	0,10	0,12	1а – 2b
Ф9	0,52	0,81	2а – 1b
Ф10	0,34	0,36	3а – 3b
Ф11	0,15	0	1а – 2b

В соответствии с рекомендациями [17] уровень адсорбционной способности для группы 1а ограничиваем величиной показателя $a \leq 0,15$. К группе 1а причислены препараты Ф8 и Ф11. Для группы 2а устанавливаем значение $a > 0,50$. В эту группу входят препараты Ф5, Ф6, Ф7 и Ф9. Оставшиеся препараты отнесены к группе 3а. Пониженный уровень адсорбционных свойств для этих препаратов может быть обусловлен как меньшей энергией взаимодействий, так и наличием в их составе нескольких разновидностей целлюлаз с разным типом сорбционного связывания.

Группа 1b включает препараты Ф1, Ф3, Ф6 и Ф9 с наибольшей диффузионной способностью. В их составе доля молекул, соразмерных с диаметром пор набухшего волокна, составляет от 0,8 до 1. К группе 2b отнесены препараты Ф11, Ф7 и Ф8 с величиной показателя $b \leq 0,15$. Препараты Ф2, Ф4, Ф5 и Ф10 (группа 3b) проявляют активность как на поверхности волокна, так и в объеме вторичной клеточной стенки.

Анализ влияния варьируемых свойств биопрепаратов на характеристики ткани после модификации проведен с помощью методологии поверхности отклика [18]. На рис. 3 показано построение 3d-поверхности по данным изменения величины жесткости по нитям основы (а) и проекции линий равного отклика на плоскость независимых переменных а и b (б).

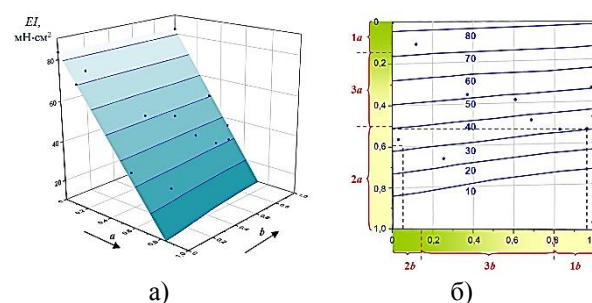


Рис. 3

Наличие в препарате целлюлаз с размерами, обеспечивающими их проникание в поры набухшего волокна (гр. 1б), не гарантирует достижения эффективного мягчения. Для слабо адсорбирующихся целлюлаз (гр. 1а) величина показателя b практически не оказывает влияния на эффект мягчения. Варьирование размера ферментов проявляется только при использовании препаратов адсорбционной группы 2а.

Результаты эксперимента позволяют констатировать, что умягчение льняной ткани может быть достигнуто не только в результате воздействия ферментов в объеме вторичной клеточной стенки, но и за счет модификации целлюлозы в РW-слое волокна. При этом определяющим фактором являются адсорбционные свойства ферментов. Дополнительными построениями на рис. 3-б показано, что для 3-кратного снижения жесткости при уменьшении доли малоразмерных ферментов с 0,95 до 0,05 необходимый уровень показателя а по-

вышается с 0,51 лишь до 0,59. То есть любая размерная форма прочно адсорбирующихся целлюлаз обеспечивает снижение жесткости отбеленной льняной ткани в 3 раза и более.

Аналогичный вид поверхности отклика получен и для изменения жесткости ткани по утку. Функции, описывающие совместное влияние адсорбционного и размерного факторов целлюлаз на величину жесткости модифицированного материала в направлении нитей основы (1) и нитей утка (2), имеют одинаковый вид:

$$EI_{\text{осн}} = 83,49 - 88,03a - 0,91b - 13,12ab; r = 0,9915, \quad (1)$$

$$EI_{\text{ут}} = 79,39 - 92,32a - 0,71b - 15,20ab; r = 0,9909. \quad (2)$$

Свободные члены уравнений (1) и (2) соответствуют значениям показателя для каждой группы нитей в исходной ткани (табл. 1). Это позволяет получить объединенную зависимость для расчета снижения жесткости ткани (ΔEI) после биомодификации с учетом уровня показателя для исходного материала:

$$\Delta EI = EI_{\text{исх}} - EI_{\text{био}} = 90,17a + 0,81b + 14,16ab; r = 0,9486, \quad (3)$$

На рис. 4 проиллюстрировано влияние адсорбционного и размерного факторов биопрепаратов на изменение разрывной нагрузки ткани в направлении нитей основы в виде поверхности (а) и проекции линий равного отклика (б).

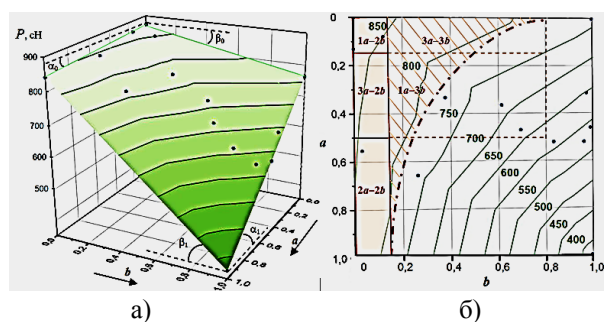


Рис. 4

Снижение прочности ткани в продольном направлении составляет от 0,6 до 33,3%, в поперечном направлении – от 0,5 до 53,3%. В отличие от зависимостей, пред-

ставленных на рис. 3, в данном случае наклон направляющих к оси b значительно больше, чем к оси a. Величина соотношения $\text{tg}\beta_1/\text{tg}\beta_0 = 4,36$ (рис. 4-а) характеризует нарастающее влияние размерного фактора при переходе от адсорбционной группы 1а к группе 2а. При этом значение $\text{tg}\alpha_1$ превышает величину $\text{tg}\alpha_0$ в 14 раз, что демонстрирует усиление опасности сопутствующих потерь механической прочности с ростом адсорбционной способности малоразмерных целлюлаз, воздействующих на микрофибрилярную основу S2-слоя вторичной клеточной стенки волокна.

Штрихпунктирная линия на рис. 4-б ограничивает область допустимого снижения разрывной нагрузки (не более 10%). В эту область попадают ферменты периферийного действия групп 1а–2б, 2а–2б и 3а–2б, а также значительная часть группы 1а–3б и около 20% возможных сочетаний параметров в группе 3а–2б.

Однотипный характер изменений разрывной нагрузки в продольном и поперечном направлении полотна демонстрируют уравнения функции отклика для нитей основы (4) и нитей утка (5):

$$P_{\text{осн}} = 874 - 31,70a - 111,29b - 456,11ab; r = 0,9927, \quad (4)$$

$$P_{\text{ут}} = 793 - 24,20a - 125,67b - 519,13ab; r = 0,9818. \quad (5)$$

Сопоставление величины приращенных множителей позволяет количественно охарактеризовать весомость размерного и адсорбционного факторов и критичность их совместного увеличения. Вместе с тем, при воздействии крупноразмерных целлюлаз ($b \rightarrow 0$) два слагаемых в уравнениях (4) и (5) обращаются в ноль, и даже при максимальных значениях параметра a (55%) снижение показателя P составляет не более 2% от уровня исходной ткани.

Для прогноза потерь разрывной нагрузки после биомодификации (ΔP) с учетом уровня показателя для исходной ткани и свойств целлюлазных препаратов можно использовать объединенную зависимость:

$$\Delta P = P_{\text{исх}} - P_{\text{био}} = 27,95a + 118,48b + 487,62ab; r = 0,9088. \quad (6)$$

На рис. 5 приведены конфигурация поверхности отклика (а) и проекции линий сечения (б) для изменений технологической усадки ткани по нитям основы.

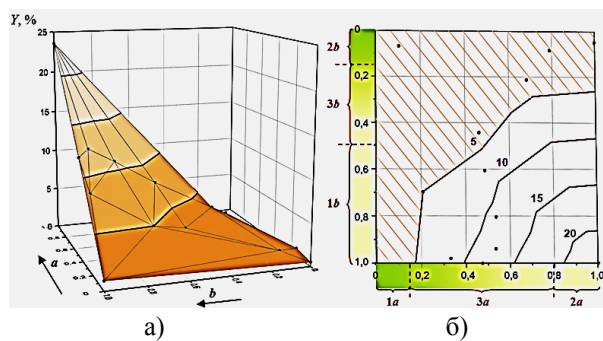


Рис. 5

Важной особенностью поверхности, описывающей усадку, является слабое влияние фактора b при его значениях до 0,4 с резким нарастанием отклика по мере приближения значений b и a к единице. Таким образом, за усадку ткани отвечает биодеградация целлюлозы в микрофибриллярной структуре S2-слоя вторичной клеточной стенки. Вместе с тем, если допустимый уровень усадки ограничить значением 5%, то этому условию удовлетворяет более половины (заштрихованная часть) поля независимых переменных.

Соотношения, описывающие поверхность отклика изменений линейных размеров по основе (7) и утку (8) для варьируемых свойств биопрепаратов, имеют вид:

$$Y_{\text{осн}} = 0,21 + 0,34a + 0,94b + 22,11ab; r = 0,9846, \quad (7)$$

$$Y_{\text{ут}} = 0,12 + 0,68a + 1,08b + 21,90ab; r = 0,9877. \quad (8)$$

Зависимости демонстрируют, что наибольшую весомость имеет последнее слагаемое и наиболее опасным сочетанием свойств биопрепарата является высокое содержание целлюлаз с размерами менее 30 нм и прочное их связывание на полимерном субстрате (группа 2a–1b). Очевидно, диффузия малоразмерных целлюлаз в поры набухшего S2-слоя клеточной стенки с закреплением и локализованным воздействием на целлюлозные микрофибриллы способствует структурной релаксации внутренних напряжений в волокне, что

проявляется в сокращении длины волокон.

Неблагоприятное действие целлюлаз нивелируется при условии $b \rightarrow 0$, что удовлетворяет компромиссному решению задачи безусловного умягчения льняной ткани. Обобщенное уравнение для прогноза ожидаемого изменения линейных размеров ткани после биомодификации (ΔY) с учетом усадки исходной ткани в холостом эксперименте имеет вид:

$$\Delta Y = Y_{\text{исх}} - Y_{\text{био}} = 0,51a + 1,01b + 22,01ab; r = 0,9113. \quad (9)$$

ВЫВОДЫ

Экспериментально обоснована возможность комплексной оценки качества умягчающей отделки льняной ткани целлюлазами на основании данных о размере молекул ферментов и степени их адсорбционного связывания на твердофазном материале. Показано, что наиболее эффективное снижение жесткости достигается при воздействии малоразмерных адсорбирующихся целлюлаз на микрофибриллярную структуру S2-слоя вторичной клеточной стенки набухшего льняного волокна. Однако это сопровождается максимальным побочным проявлением технологической усадки и потерей прочности материала. Предложен подход к минимизации неблагоприятных последствий биомягчения за счет локализованного воздействия прочно адсорбирующихся целлюлаз с размерами частиц более 30 нм на целлюлозный компонент первичной клеточной стенки волокна. Получены математические модели для оценки применимости целлюлазных препаратов и проектирования качественных показателей умягченных льняных материалов с учетом свойств исходной ткани и характеристик используемых ферментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dalbaşı E.S.N., Kayseri G.Ö. A research on the comfort properties of linen fabrics subjected to various finishing treatments // Journal of Natural Fibers. – 2019, 18, 2. P.1...14.
2. Kan C., Yuen C.W.M., Lam Y.L. Effect of enzyme treatment and dyeing on the mechanical properties of linen // Color. Technol. – 2009, 125, 5. P. 269...276.

3. Головина Л.А., Садова С.Ф., Переволоцкая В.К. Исследование применения ферментных препаратов целлюлолитического действия в заключительной отделке льняных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 3. С. 65...69.
4. Солодушенкова Т.С., Корнилова Н.Л., Кокшаров С.А. и др. Влияние полимерных компонентов льняного волокна на жесткость тканого полотна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, № 4. С. 128...135.
5. Koksharov S.A., Bikbulatova A.A., Kornilova N.L. et al. Justification of an approach to cellulases application in enzymatic softening of linen fabrics and clothing // Text. Res. J. – 2022. P. 1...22. <https://doi.org/10.1177/00405175221101018>
6. Rihouey C., Paynel F., Gorshkova T. et al. Flax fibers: assessing the non-cellulosic polysaccharides and an approach to supramolecular design of the cell wall // Cellulose. – 2017, 24. P. 1985...2001.
7. Goudenhooff C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) fibers for composite reinforcement: Exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties // Front Plant Sci. – 2019, 10, 411.
8. Barnett J.R., Bonham V.A. Cellulose microfibril angle in the cell wall of wood fibres // Biol. Rev. – 2004, 79. P. 461...472.
9. Gorshkova T., Chernova T., Mokshina N. et al. Plant ‘muscles’: fibers with a tertiary cell wall // New Phytol. – 2018, 218, 1. P. 66...72.
10. Снегирева А.В., Агеева М.В., Аменицкий С.И. и др. Интрузивный рост волокон склеренхимы // Физиология растений. – 2010, 57, №3. С.361...375.
11. Baracat A., Winter H., Rondeau-Mouro C. et al. Studies of xylan interactions and cross-linking to synthetic lignins formed by bulk and end-wise polymerization: a model study of lignin carbohydrate complex formation // Planta. – 2007, 226. P. 267...281.
12. Ghose T.K. Measurement of cellulase activities // Pure Appl. Chem. – 1987, 59. P. 257...268.
13. Короткова О.Г., Семенова М.В., Рубцова Е.А. и др. Сравнительный анализ рекомбинантной эндо-1,4-глюкоказы II и ее химерных форм с целлюлозосвязывающим модулем // Вестник Московского университета. Сер. 2: Химия. – 2019, 60, 5. С. 296...303.
14. Кокшаров С.А., Алеева С.В., Лепилова О.В. и др. Свойства гидроколлоидов альгината натрия при сорбционном связывании папаина // Коллоидный журнал. – 2021, 83, № 6. С. 660...675.
15. Dutta S.K., Chakraborty S. Pore-scale dynamics of enzyme adsorption, swelling and reactive dissolution determine sugar yield in hemicellulose hydrolysis for biofuel production // Sci Rep. – 2016, 6, 38173.
16. Bahtiyari M.I., Dalbaşı E.S.N., Körlü A.E. et al. Effect of different enzymes on mechanical properties of linen fabrics // Ind. Textila. – 2011, 62, 1. P. 3...8.
17. Lai W., Wu G., Liu Y. et al. Method for treating textile with endoglucanase. – Pat. US 8802423B2. 2014.
18. Box G.E.P., Wilson K.B. On the Experimental Attainment of Optimum Conditions // J R Stat Soc Series B Stat Methodol. – 1951, 13, 1. P. 1...45. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1951.tb00067>.
1. Dalbaşı E.S.N., Kayseri G.Ö. A Research on the comfort properties of linen fabrics subjected to various finishing treatments // Journal of Natural Fibers. – 2019, 18, 2. P. 1...14.
2. Kan C., Yuen C.W.M., Lam Y.L. Effect of enzyme treatment and dyeing on the mechanical properties of linen // Color. Technol. – 2009, 125, 5. P. 269...276.
3. Golovina L.A., Sadova S.F., Perevolotskaya V.K. Study of the use of enzyme preparations of cellulolytic action in the final finishing of linen fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2008, 3. P. 65...69.
4. Solodushenkova T.S., Kornilova N.L., Koksharov S.A. et al. Influence of linen fiber polymeric components on the rigidity of woven fabric // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, N 4. P. 128...135.
5. Koksharov S.A., Bikbulatova A.A., Kornilova N.L. et al. Justification of an approach to cellulases application in enzymatic softening of linen fabrics and clothing // Text. Res. J. – 2022. P. 1...22. <https://doi.org/10.1177/00405175221101018>
6. Rihouey C., Paynel F., Gorshkova T. et al. Flax fibers: assessing the non-cellulosic polysaccharides and an approach to supramolecular design of the cell wall // Cellulose. – 2017, 24. P. 1985...2001.
7. Goudenhooff C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) fibers for composite reinforcement: Exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties // Front Plant Sci. – 2019, 10, 411.
8. Barnett J.R., Bonham V.A. Cellulose microfibril angle in the cell wall of wood fibres // Biol. Rev. – 2004, 79. P. 461...472.
9. Gorshkova T., Chernova T., Mokshina N. et al. Plant ‘muscles’: fibers with a tertiary cell wall // New Phytol. – 2018, 218, 1. P. 66...72.
10. Snegireva A.V., Ageeva M.V., Amenitskii S.I. et al. Intrusive growth of sclerenchyma fibers // Russ. J. Plant. Physiol. – 2010, 57, 3. P. 342...355.
11. Baracat A., Winter H., Rondeau-Mouro C. et al. Studies of xylan interactions and cross-linking to synthetic lignins formed by bulk and end-wise polymerization: a model study of lignin carbohydrate complex formation // Planta. – 2007, 226. P. 267...281.
12. Ghose T.K. Measurement of cellulase activities // Pure Appl. Chem. – 1987, 59. P. 257...268.
13. Korotkova O.G., Semenova M.V., Rubtsova E.A., et al. Comparative analysis of the properties of recombinant endo-1,4-β-glucanase II and its chimeric form with a cellular binding module // Moscow Univ. Chem. Bull. – 2019, 74, 5. P. 223...228.
14. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. et al. The properties of sodium alginate hydrocolloids upon sorption binding of papain // Colloid J. – 2021, 83, 6. P. 722...736.
15. Dutta S.K., Chakraborty S. Pore-scale dynamics of enzyme adsorption, swelling and reactive dissolution determine sugar yield in hemicellulose hydrolysis for biofuel production // Sci Rep. – 2016, 6, 38173.

16. Bahtiyari M.I., Dalbaşı E.S.N., Körlü A.E. et al. Effect of different enzymes on mechanical properties of linen fabrics // Ind. Textila. – 2011, 62, 1. P. 3...8.
17. Lai W., Wu G., Liu Y. et al. Method for treating textile with endoglucanase. – Pat. US 8802423B2. 2014.
18. Box G.E.P., Wilson K.B. On the Experimental Attainment of Optimum Conditions // J R Stat Soc Se-

ries B Stat Methodol. – 1951, 13, 1. P. 1...45. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1951.tb00067>.

Рекомендована лабораторией "Химия и технология модифицированных волокнистых материалов" ИХР РАН. Поступила 06.10.22.

УДК 677.467
DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_134

ТЕРМОХРОМНЫЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ПЛЕНКИ ИЗ РАСТВОРОВ В ИОННОЙ ЖИДКОСТИ*

THERMOCHROMIC CELLULOSE FILMS FROM SOLUTIONS IN IONIC LIQUID

E.S. САШИНА, М.О. БЕКЛЯМИШЕВ

E.S. SASHINA, M.O. BEKLYAMISHEV

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)
(St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: e.sashina@mail.ru

Получены и исследованы методами спектроколориметрии, ИК-Фурье спектроскопии и рентгеновской дифракции целлюлозные пленки из ацетата 1-бутил-3-метилимидазолия, с добавлением в раствор термохромного красителя.

Осажденная из растворов в ионной жидкости в изопропанол целлюлоза с термохромным красителем имеет структуру целлюлозы II с низкой степенью кристалличности. Наличие красителя уменьшает степень кристалличности регенерированной целлюлозы.

По результатам ИК-Фурье спектроскопии термохромных пленок выявлено, что цветовой переход при нагревании сопровождается образованием закрытой флуорановой формы красителя, с исчезновением C=O групп и появлением мостиков C-O-C.

Cellulose films made of 1-butyl-3-methylimidazolium acetate with the addition of a thermochromic dye to the solution were obtained and studied by methods of spectrophotometry, IR-Fourier spectroscopy, X-ray diffraction.

Cellulose with a thermochromic dye precipitated from solutions into isopropanol has a cellulose II structure with a low degree of crystallinity. The presence of the dye reduces the degree of crystallinity of the regenerated cellulose.

According to the results of IR Fourier spectroscopy of thermochromic films, it was revealed that the color transition during heating is accompanied by the formation of a closed fluorane of dye, with the disappearance of C=O groups and the appearance of C-O-C bridges.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (программа Приоритет 2030).

Ключевые слова: целлюлозные пленки, термохромный краситель, ионная жидкость, цветовой переход, степень кристалличности.

Keywords: cellulose films, thermochromic dye, ionic liquid, color transition, degree of crystallinity.

Введение

Постоянно возрастающие требования потребителей текстильной продукции побуждают развивать и усовершенствовать современные технологии создания волокон и волокнистых материалов с новыми потребительскими свойствами, а также материалов специального назначения. "Умный" текстиль с меняющейся в зависимости от температуры окружающей среды окраской может служить одним из примеров таких разработок. Одежда для пожарных с изменяющимся цветом при достижении критической температуры термоустойчивости ткани, изделия для детей или больных с цветовым индикатором температуры – вот некоторые из возможных областей применения таких термохромных волокон. Термохромные красители могут иметь как органическую, так и неорганическую природу. Чаще применимы органические красители, например, флуорановой группы, молекулы которых могут существовать в циклической (бесцветной) форме, либо образуют при температурном или ином воздействии открытую форму с сильным хромофором [1], [2]. Неорганические термохромные пигменты характеризуются перестройкой кристалла при достижении соответствующей температуры. Температурные переходы органических красителей обычно существенно ниже, чем у неорганических, этим обуславливается выбор термохромного красителя для соответствующего применения. При этом минеральные красители могут быть использованы без предварительной обработки (за исключением механического измельчения), а органические, в силу своей чувствительности к окислению и зачастую гидрофобности, заключаются в оболочку и используются в виде микрокапсул.

Нанесение термохромного красителя на текстильный материал возможно различными способами. Наиболее употребим ме-

тод печати с использованием связующих для закрепления красителя на материале [3]. Другой способ предусматривает включение красителя в полимерное волокно на стадии получения путем добавления в расплав или раствор полимера перед формованием. Известны исследования в области получения модифицированных волокон путем добавления органических и неорганических люминесцентных красителей в расплав полиметилметакрилата [4], [5] или полипропилена [6]. Известны и способы введения красителя в раствор целлюлозы в N-метилморфолин-N-оксиде [7], [8]. Органический термохромный или люминесцентный краситель (модификатор) равномерно распределяется в составе раствора и после формования оказывается включенным в структуру волокна. В работе [8] продемонстрировано, что термохромный модификатор химически устойчив в среде прядильного раствора целлюлозы в N-метилморфолин-N-оксиде, не дает дополнительных продуктов разложения и не влияет на степень полимеризации целлюлозной матрицы. Модифицированные термохромным красителем волокна сохраняют свои высокие сорбционные и физико-механические свойства и соответствуют требованиям, предъявляемым к текстильным волокнам.

Однако N-метилморфолин-N-оксид как растворитель имеет ряд недостатков, в их числе тенденцию к термическому разложению, продукты которого взрывоопасны. Популярными во многих направлениях науки, и в том числе для технологий, связанных с растворением природных полимеров, становятся ионные жидкости [9], [10]. Они обладают высокой термостабильностью и не испаряются, негорючи и способны к многократной регенерации, что делает их особенно привлекательными для использования в замкнутых технологических процессах. Кроме того, несомненным преимуществом этих растворителей перед

оксидом N-метил-N-морфолина является возможность переработки целлюлозы не самого высокого качества – ионные жидкости способны растворить гемицеллюлозы и лигнин.

Целью данной работы является изучение возможности включения термохромного красителя в целлюлозную матрицу при формовании из растворов древесной целлюлозы в ионной жидкости, а также влияния термохромного красителя на степень кристалличности целлюлозы после регенерации из растворов.

Методы

При получении целлюлозных растворов для формования использовали целлюлозу древесную со степенью полимеризации 495, содержанием α -целлюлозы 90,8 %, степенью белизны 91,8, содержанием сухого вещества 89,8 %, остатком после прокаливания 0,12 %.

В качестве ионного растворителя был взят ацетат 1-бутил-3-метилимидазолия от Aldrich.

В качестве термохромного красителя использовали черный Thermochrome Black TH-30 с обратимым фазовым переходом "черный – бесцветный" при 28...30°C.

5%-ный раствор целлюлозы в ионной жидкости получали при 90 °С и постоянном перемешивании. Полноту растворения контролировали при помощи микроскопа с увеличением 20х. Полученные прозрачные растворы фильтровали через 5 слоев стеклоткани и выдерживали для дезаэрации. Термохромный краситель добавляли в целлюлозный раствор в количестве 5 – 10 %, перемешивая до равномерного распределения красителя по всему объему раствора, контролируя равномерность распределения под микроскопом.

Микроэлектронные фотографии красителя снимали на приборе Zeiss Sigma VP термоэмиссионного типа, диапазон ускоряющих напряжений от 100 В до 30 кВ, диапазон увеличения 12х – 1 000 000х.

Целлюлозные пленки получали нанесением растворов на предварительно разогретые тефлоновые пластины, выдерживали 30 с на воздухе и погружали в осадительную ванну из изопропанола. После формирова-

ния пленки ее снимали с пластины и неоднократно промывали дистиллированной водой. Сушили пленки при комнатной температуре.

ИК-Фурье спектры пленок регистрировали на спектрометре Shimadzu FTIR – 8400S в таблетках KBr.

Образцы пленок были проанализированы на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-7000 S после прессования в пресс-форме диаметром 25 мм с усилием 10 тс. Дифрактограммы проб записали на неотражающем держателе (материал – Si) в режиме "на отражение", с вращением (30 об/мин). Параметры работы рентгеновской трубки: ускоряющее напряжение 50 кВ, ток 30 мА, материал мишени – Cu. Диапазон сканирования по углу 2θ от 10 до 700, скорость сканирования 0,5 град/мин, шаг 0,020. Выполнено по 2 параллельных измерения (с обеих сторон приготовленной таблетки).

Координаты цветности пленок регистрировали в системе CIE L*a*b* на спектроколориметре X-rite RM200QC (D65). В цветовом пространстве Lab значение светлоты отделено от значения хроматической составляющей цвета (тон, насыщенность). Светлота задается координатой L (изменяется от самого темного 0 до самого светлого), хроматическая составляющая — двумя декартовыми координатами a (положение цвета в диапазоне от зелено-голубого до красно-малинового) и b (от голубого до желтого) [11].

Результаты и обсуждение

На микроэлектронных фотографиях (рис. 1) частицы термохромного красителя имеют форму, близкую к сферической, с разбросом по размерам от 100 нм до 5 мкм.

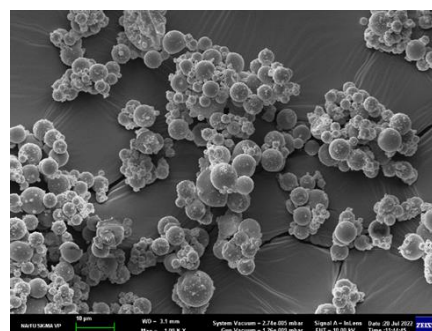


Рис. 1

Пленки, полученные осаждением в изо-пропанол растворов целлюлозы с добавле-нием красителя, имели равномерное черно-серое окрашивание, интенсивность кото-рого увеличивалась с увеличением содер-жания красителя от 5 до 10 %. Термохро-мный эффект осветления черного красителя

наблюдался при температуре от 28°C, вплоть до полного обесцвечивания пленок. При охлаждении окраска пленок возвра-щалаь. В табл. 1 приведены координаты цвет-ности окрашенных пленок для 5 и 10 %-ного содержания красителя и их изменение при нагревании пленки.

Т а б л и ц а 1

Образец окрашенной пленки	L	a	b	C	h
Содержит 5% красителя	61,3	0,5	0,8	1,0	59,0
Содержит 10% красителя	51,6	0,9	1,0	1,4	47,1
Образец нагретой пленки	L	a	b	C	h
Содержит 5% красителя	84,9	-0,7	8,5	8,5	90,1
Содержит 10% красителя	80,7	2,3	5,4	5,9	67,3
Изменение координат цветности при нагревании пленки	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh
Содержит 5% красителя	-23,6	1,2	-7,7	-7,5	-31,0
Содержит 10% красителя	-29,1	-2,7	-4,7	-4,5	-20,2

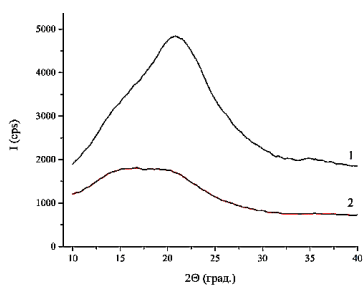


Рис. 2

Данные спектрофотометра регистри-руют степень осветления пленок (ΔL) тем более сильную, чем больше красителя со-держит пленка и чем, соответственно, ин-тенсивнее было ее исходное окрашивание.

На рис. 2 приведены рентгенодифракто-граммы целлюлозных пленок без красителя (1) и с включением 10 % красителя (2).

Можно видеть, что неокрашенный и окрашенный термохромным красителем образцы содержат целлюлозу II, аморфное гало свидетельствует о ее низкой степени кристалличности. Для расчета степени кри-сталличности целлюлозы применимы раз-личные методики [12], дающие разные ре-зультаты. Нами проведен расчет степени кристалличности двумя методами:

- по процедуре, описанной в [13], отно-сительно идеального кристаллического тела, в качестве которого выступает золото;
- по той же процедуре, с калибровкой по данным ЯМР-спектроскопии для целлю-лозы I.

Результаты расчета приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Образец целлюлозной пленки	Индекс кристаллич-ности, град ⁻¹	Степень кристаллич-ности относительно золота X_{Au} , %	Степень кристаллич-ности с ЯМР-калиб-ровкой $X_{ЯМР}$, %
Не содержащая красителя	1,068	3,97	22,1
Содержащая термохромный краситель 10 %	1,052	3,91	22,0

Из приведенных данных можно заклю-чить, что при осаждении растворов целлю-лозы из ионной жидкости в изопропанол в отсутствии вытяжки формируется, главным образом, неупорядоченная структурная моди-фикация целлюлозы II, при этом добавление термохромного красителя не-сколько уменьшает степень упорядочен-

ности целлюлозы.

ИК-Фурье спектр неокрашенной цел-люлозной пленки (рис. 3) имеет харак-терные для целлюлозы II полосы погло-щения, соответствующие валентным колеба-ниям групп О-Н, вовлеченных в водо-родные связи с максимумом при 3423 см⁻¹; ряд полос в диапазоне 3000...2800 см⁻¹

(валентные колебания С-Н); адсорбированной воды при 1690 см^{-1} ; деформационных плоскостных колебаний О-Н при 1405 см^{-1} , а также различные виды колебаний групп CH_2 , О-Н, С-О-С в диапазоне $1400\text{...}1000\text{ см}^{-1}$ [14...16].

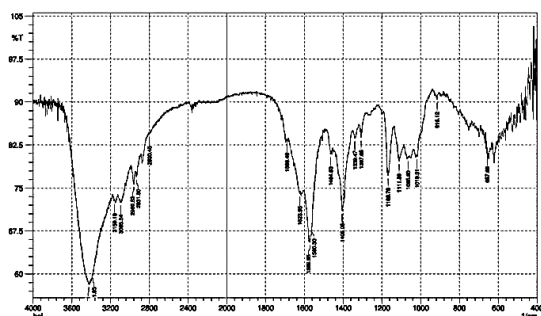


Рис. 3

В ИК-Фурье спектре окрашенной целлюлозной пленки появляются дополнительные полосы и, в частности, полоса поглощения С=О групп при 1733 см^{-1} , интенсивность которой тем больше, чем выше содержание красителя в пленке.

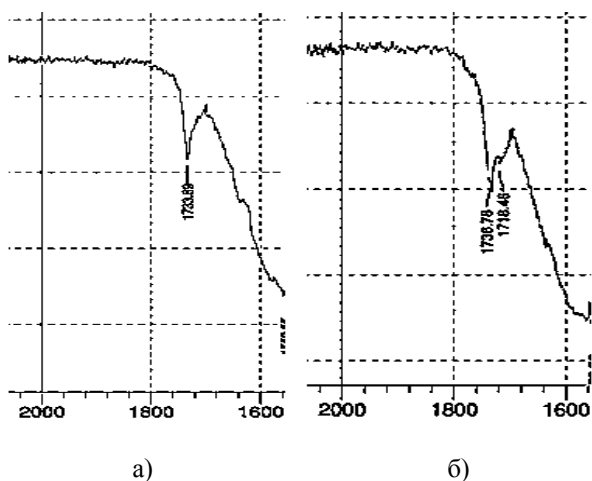


Рис. 4

Положение полос поглощения, принадлежащих целлюлозе, при этом практически не меняется, что говорит об отсутствии специфического межмолекулярного взаимодействия, пленка является инертной матрицей для размещения в ней капсулированного красителя. На ИК-спектрах нагретой пленки появляется и усиливается по мере нагревания плечо 1718 см^{-1} при этой полосе (рис. 4 – фрагмент ИК-Фурье спектра целлюлозной пленки с 10% красителя до (а) и после нагревания (б)), что можно объяс-

нить образованием закрытой неокрашенной формы флуоранового красителя с группировкой С-О-С. Полного исчезновения полосы поглощения С=О добиться не удалось ввиду того, что нагретые образцы постепенно охлаждались в процессе таблетирования и снятия спектров.

При анализе спектров отмечено, что интенсивность "полосы кристалличности" целлюлозы II при 1405 см^{-1} (по критерию Коннора) в присутствии 10% термохромного красителя уменьшается незначительно, что согласуется с данными рентгеновского исследования.

ВЫВОДЫ

Показана возможность окрашивания термохромным красителем целлюлозы, формируемой из растворов в ионной жидкости. Результаты спектроколориметрического исследования подтверждают изменение цвета (координат цветности) целлюлозных пленок с включением термохромного красителя, при нагреве выше точки температурного перехода красителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bamfield P., Hutchings M. Chromic Phenomena: Technological Applications of Colour Chemistry. Royal Society of Chemistry. – 2018.
2. Теренин А.Н. Фотохимия красителей и родственных органических соединений. Рипол Классик. – М., 2013.
3. Karpagam K. R., Saranya K. S., Gopinathan J., Bhattacharyya A. Development of smart clothing for military applications using thermochromic colorants // The Journal of The Textile Institute. – 2016, № 1 P.1...6.
4. Miluski P., Dorosz D., Z'nojda J., Kochanowicz M., Dorosz J. Luminescent polymer optical fibre sensor for temperature measurement // Acta Phys. Pol. A. – 2015, №127. P. 730...733.
5. Parola I., Arrospide E., Recart F., Illarramendi M., Durana G., Guarrotxena N., García O., Zubia J. Fabrication and Characterization of Polymer Optical Fibers Doped with Perylene-Derivatives for Fluorescent Lighting Applications // Fibers. – 2017, № 5. P. 28...31.
6. Prahsarn C., Sooksimuang T., Sahasithiwat S., Roungpaisan N., Kamtonwong S., Panchan W., Klinsukhon W., Suwannamek N. Luminescent polypropylene fibers containing novel organic luminescent substance // J. Polym. Res. – 2015, № 22. P. 87...92.
7. Kulpinski P., Erdman A., Namy'slak M., Fidelus J.D. Cellulose fibers modified by Eu³⁺-doped-yttria-stabilized zirconia nanoparticles // Cellulose. – 2012, №19. P.1259...1269.

8. Rubacha M. Thermochromic cellulose fibers // *Polym. Adv. Technol.* – 2007, № 18. P.323...328.

9. Sashina E.S. Physicochemical aspects of cellulose processing using ionic solvents. Review // *Fibre Chemistry.* – 2018, №3. P.139...143.

10. Sashina E.S., Bochek A.M., Novoselov N.P., Kashirskii D.A., Murav'ev A.A. Perspective of Using ILs as Green Solvents / In Book: Application, Purification, and Recovery of Ionic Liquids. Elsevier, 2016. P.101...159.

11. CIE International Commission on Illumination, Recommendations on Uniform Color Spaces, Color-Difference Equations, Psychometric Color Terms, Supplement № 2 to CIE Publication № 15, Colorimetry, 1971 and 1978.

12. Park S., Baker J.O., Himmel M.E. et al. Cellulose crystallinity index: measurement techniques and their impact on interpreting cellulase performance // *Biotechnol Biofuels.* – 2010, № 3. P. 10...23.

13. Чухчин Д. Г., Малков А. В., Тышкунуова И. В., Майер Л. В., Новозhilов Е. В. Способ дифрактометрического определения степени кристалличности веществ // *Кристаллография.* – 2016, №3. С.375...379.

14. Kashirskii D.A., Sashina E.S., Artamonova T.V., Myznikov L.V. Analysis of Hydrogen Bonding Network in the Systems Containing Chloride-Based Ionic Liquids with Cellulose/Cellobiose by Fourier-Transform Infrared Spectroscopy // *Russian Journal of General Chemistry.* – 2018, № 5. P. 935...942.

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

16. Базарнова Н.Г., Карпова Е.В., Катраков И.Б. и др. Методы исследования древесины и ее производных. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002.

REFERENCES

1. Bamfield P., Hutchings M. Chrome phenomenon: technological applications of color chemistry. Royal Society of Chemistry. – 2018.

2. Terenin A.N. Photochemistry of dyes and related organic compounds. Ripol Klassik. – M., 2013. - 364 p.

3. Karpagam K. R., Saranya K. S., Gopinathan J., Bhattacharya A. Development of "smart" fabric for military use using thermochromic dyes // *Journal of the Textile Institute.* – 2016, № 1 P. 1...6.

4. Miluski P.; Dorosh D.; Zmolda J.; Kochan-Ovich M.; Dorosh J. Luminescent polymer fiber-optic sensor for temperature measurement // *Acta Phys. Pol. A.* – 2015, № 127. P. 730...733.

5. Parola I., Arrospe E., Rekart F., Illarramendi M., Durana G., Guarrotxena N., Garcia O., Zubia J.

Manufacture and characterization of polymer optical fibers doped with perylene derivatives for use in fluorescent lighting // *Fibers.* - 2017, № 5. P. 28...31.

6. Prahsarn C., Sooksimuang T., Sahasithiwat S., Rongpaisan N., Kamtonwong S., Panchan W., Klin-sukhon W., Suwannamek N. Luminescent polypropylene fibers containing novel organic luminescent substance // *J. Polym. Res.* - 2015, № 22. P. 87...92.

7. Kulpinski P., Erdman A., Namy'slak M., Fidelus J.D. Cellulose fibers modified by Eu³⁺-doped-yttria-stabilized zirconia nanoparticles // *Cellulose.* – 2012, №19. P. 1259...1269.

8. Rubacha M. Thermochromic cellulose fibers // *Polym. Adv. Technol.* – 2007, № 18. P. 323...328.

9. Sashina E.S. Physicochemical aspects of cellulose processing using ionic solvents. Review // *Fibre Chemistry.* – 2018, № 3. P. 139...143.

10. Sashina E.S., Bochek A.M., Novoselov N.P., Kashirskii D.A., Murav'ev A.A. Perspective of Using ILs as Green Solvents / In Book: Application, Purification, and Recovery of Ionic Liquids. Elsevier, 2016. P.101...159.

11. CIE International Commission on Illumination, Recommendations on Uniform Color Spaces, Color-Difference Equations, Psychometric Color Terms, Supplement № 2 to CIE Publication № 15, Colorimetry, 1971 and 1978.

12. Park S., Baker J.O., Himmel M.E. et al. Cellulose crystallinity index: measurement techniques and their impact on interpreting cellulase performance // *Biotechnol Biofuels.* – 2010, № 3. P. 10...23.

13. Chukhchin D. G., Malkov A.V., Tyshkunova I. V., Mayer L. V., Novozhilov E. V. Method of diffractometric determination of degree crystal-personalities of substances // *Crystallography.* – 2016, № 3. P. 375...379.

14. Kashirskii D.A., Sashina E.S., Artamonova T.V., Myznikov L.V. Analysis of Hydrogen Bonding Network in the Systems Containing Chloride-Based Ionic Liquids with Cellulose/Cellobiose by Fourier-Transform Infrared Spectroscopy // *Russian Journal of General Chemistry.* – 2018, № 5. P. 935...942.

15. Zhabankov R.G. Infrared spectra and structure of carbohydrates. Minsk: Science and Technology, 1972. 456 p.

16. Bazarnova N.G., Karpova E.V., Katrakov I.B. et al. Methods of research of wood and its derivatives. – Barnaul: Publishing house of the Alt. State University, 2002.

Рекомендована кафедрой химических технологий имени профессора А.А. Хархарова Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. Поступила 05.10.22

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ
НА СВОЙСТВА НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА ХОЛЛОФАЙБЕР®**

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF LOW-TEMPERATURE PLASMA
ON THE PROPERTIES OF NON-WOVEN MATERIAL HOLLOWFIBER®**

М.С. ЛИСАНЕВИЧ, Р.Ю. ГАЛИМЗЯНОВА, В.В. ИВАНОВ

M.S. LISANEVICH, R.YU. GALIMZYANOVA, V.V. IVANOV

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ООО "Термопол")

(Kazan National Research Technological University,
Thermopol, LLC)

E-mail: lisanevichm@gmail.com

В настоящее время новым направлением использования объемных нетканых материалов Холлофайбер® являются изделия медицинского назначения. С целью расширения ассортимента таких нетканых материалов и для использования их, в том числе для изготовления медицинских изделий, представляется интересным их модификация. В статье представлены результаты исследования по модификации низкотемпературной плазмой нетканого материала марки Холлофайбер® СОФТ. Плазменная обработка является достаточно недорогим, широко применяемым, экологичным методом для поверхностной модификации нетканых текстильных материалов и пленок. Объектом исследования в данной работе являлся объемный нетканый материал марки Холлофайбер®СОФТ, артикул P5197 (производства ООО "Термопол", г. Москва), поверхностной плотности 150 г/м². Такого рода материал может использоваться для изготовления раневых повязок или эвакуационных комплектов для новорожденных и других изделий. Для модификации в качестве плазмообразующего газа использовались аргон, азот и воздух, время обработки составило от 1 до 7 мин. Были изучены такие потребительские свойства материалов, как электризуемость, прочностные характеристики и впитываемость материала в зависимости от времени обработки и природы используемого газа. В результате полученных данных показано, что обработка низкотемпературной плазмой положительно влияет на изменение прочностных характеристик, при незначительном увеличении электризуемости. Практически ценным результатом является то, что модификация в среде воздуха в течение 1...3 мин приводит к увеличению абсорбционной емкости нетканого материала, что позволит производителю создать линейку впитывающих нетканых материалов и открывает новые возможности для применения своей продукции.

Currently, a new direction in the use of bulk non-woven materials Hollofiber® are medical products. In order to expand the range of such nonwoven materials and for their use, including the manufacture of medical devices, it seems interesting to modify them. The article presents the results of a study on the modification by low-temperature plasma of the brand Hollofiber® SOFT non-woven material. Plasma treatment is a fairly inexpensive, widely used, environmentally friendly method for the surface modification of non-woven, textile materials and films. The object of

study in this work was a bulky non-woven Hollofiber®SOFT brand, article P5197 (manufactured by LLC "Termopol", Moscow), with a surface density of 150 g/m². This kind of material can be used to make wound dressings or evacuation kits for newborns and other products. For modification, argon, nitrogen, and air were used as the plasma gas; the processing time was from 1 to 7 minutes. Such consumer properties of materials as electrified, strength characteristics and absorbency of the material were studied depending on the processing time and the nature of the gas used. As a result of the data obtained, it was shown that the treatment with low-temperature plasma has a positive effect on the change in strength characteristics, with a slight increase in electrification. A practically valuable result is that the modification in air within 1-3 minutes leads to an increase in the absorption capacity of the nonwoven material, which will allow the manufacturer to create a line of absorbent nonwoven materials and open up new opportunities for the application of their products.

Ключевые слова: модификация, объемный нетканый материал, плазменная обработка, Холлофайбер®, электризуемость, прочностные характеристики, впитываемость, неравновесная низкотемпературная плазма, медицина, медицинские изделия.

Keywords: modification, bulk nonwoven material, plasma treatment, Hollofiber®, electrification, strength characteristics, absorbency, non-equilibrium low-temperature plasma, medicine, medical products.

Введение

Объемные нетканые материалы торговой марки Холлофайбер® используются во многих изделиях и областях промышленности:

- в качестве утеплителя для одежды и обуви;
- для спальных принадлежностей (одеяла, матрасы и др.);
- в качестве теплоизоляционного материала в строительстве и даже в гидропонике как субстрат для выращивания растений [1...10].

В настоящее время новым направлением использования нетканых материалов торговой марки Холлофайбер® являются изделия медицинского назначения. В частности, на его основе разрабатываются эвакуационные конверты для новорожденных и раневые повязки [11...13]. Для изделий медицинского назначения важным являются потребительские свойства и устойчивость к радиационной стерилизации НМ Холлофайбер®. Данные исследования для ряда материалов торговой марки Холлофайбер® проводились в течение последних нескольких лет [14...20].

Для расширения линейки объемных нетканых материалов представляется интересным их модификация.

Достаточно недорогим, широко применяемым методом, используемым для поверхностной модификации нетканых, текстильных материалов и пленок, является плазменная обработка. Данный метод является экологичным из-за отсутствия в процессе обработки водных растворов химикатов и не вызывает деструкцию материала.

Учитывая перспективность развития нетканых материалов (НМ), изучение влияния модификации неравновесной низкотемпературной плазмой (ННТП) на потребительские характеристики объемных нетканых материалов является актуальным.

Материалы и методы

Объект испытания – объемный нетканый материал марки Холлофайбер® СОФТ, артикул Р5197 (производства ООО "Термопол", г. Москва), поверхностной плотности 150 г/м².

Для модификации нетканых материалов применялась экспериментальная плазменная установка емкостного разряда пониженного давления, расположенная в

ФГБОУ ВО КНИТУ (г. Казань). В качестве плазмобразующего газа использовались аргон, азот и воздух со скоростью потока газа 1500 см³/мин. Режимы были выбраны на основании предыдущих исследований [21...23]: мощность $W_p=1,5$ кВт, время обработки $\tau = 1, 3, 5, 7$ мин, давление $P=21,5$ Па.

В работе были изучены такие потребительские свойства, как напряженность электростатического поля (ГОСТ 32995-2014), разрывные характеристики при растяжении (ГОСТ Р 53226-2008) и абсорбционная емкость (ГОСТ Р 54872-2011).

Обсуждение результатов

Разрывная нагрузка при растяжении представляет собой способность материалов противостоять растягивающим усилиям до разрушения их целостности. Этот показатель зависит от рода материала, расположения волокон, способа их скрепления в холсте, типа связующего и его распределения. Под воздействием растягивающих усилий осуществляется удлинение материала вследствие перемещения волокон относительно друг друга. На рис. 1 показана зависимость разрывной нагрузки НМ Холлофайбер®СОФТ от времени обработки ННТП.

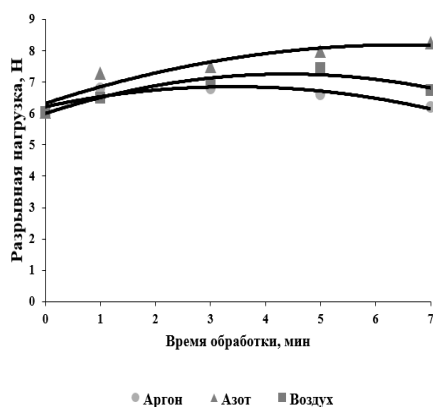


Рис. 1

На графике видно, что при обработке нетканого материала ННТП в среде азота и воздухом происходит увеличение прочности нетканого материала. У НМ, обработанного в среде азота, при 7 мин наблюдается максимальное значение разрывной нагрузки. Этот показатель равен 8,3 Н и превышает разрывную нагрузку контрольного не

модифицированного образца на 37%. Несущественное увеличение прочности наблюдается также при обработке НМ в среде воздуха в течение 5 мин, этот показатель равен 7,4 Н, что превышает разрывную нагрузку контрольного образца соответственно на 23,2%. В среде аргона разрывная нагрузка остается почти неизменной.

Относительное удлинение НМ в зависимости от времени модификации в разных газах приведено на рис. 2.

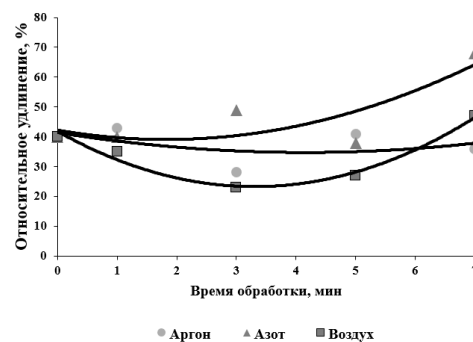


Рис. 2

Обработка в среде аргона не приводит к изменениям относительного удлинения. В случае использования в качестве плазмобразующего газа азота и воздуха в течение 7 мин приводит к повышению относительного удлинения нетканого материала.

Следующий важный показатель для всех синтетических материалов, характеризующий потребительские свойства, — это электризуемость. Она подразумевает способность материалов в определенных условиях генерировать и накапливать на своей поверхности статическое электричество. Электризуемость тесно связана с природой материалов, их строением и влажностью. При повышении влажности происходит снижение электризуемости. Электризуемость оценивается с помощью такого показателя, как напряженность электростатического поля. На рис. 3 представлен график зависимости данного показателя НМ от времени обработки ННТП в разных газах (воздух, аргон, азот).

На графике видно, что при обработке ННТП тремя газами (аргоном, азотом и воздухом) происходит увеличение напряженность электростатического поля для НМ

Холлофайбер® СОФТ. У НМ, обработанного в среде аргона в течение 7 мин, этот показатель равен 1,86 кВ/м, у азота 1,77 кВ/м. В среде воздуха в течение 3...5 мин показатель электризуемости остается практически неизменным, а затем происходит незначительное его увеличение до 1,21 кВ/м. Стоит отметить, что значения напряженности электростатического поля находятся в пределах нормы, установленной в ГОСТ 32995-2014. Материалы текстильные. Методика измерения напряженности электростатического поля.

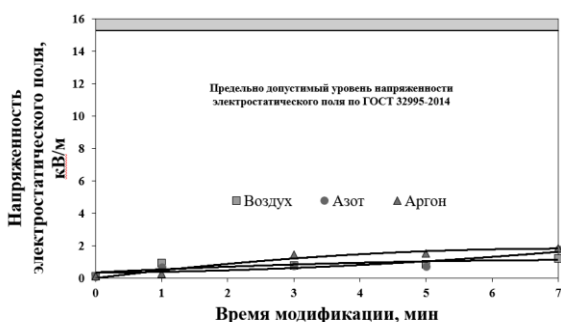


Рис. 3

Зависимость абсорбционной емкости нетканого материала от времени обработки ННТП показана на рис. 4.

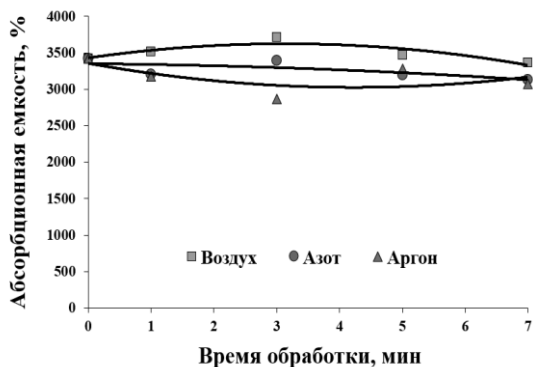


Рис. 4

На графике видно, что обработка низкотемпературной плазмой в среде воздуха в течение 3 мин приводит к повышению абсорбционной емкости на 8%. При модификации ННТП в среде аргона наблюдается обратная картина – абсорбционная емкость НМ Холлофайбера® уменьшается на 16,3% по сравнению с контрольным необработанным

образцом. В среде азота абсорбционная емкость остается почти неизменной.

ВЫВОДЫ

В результате полученных данных показано, что обработка в низкотемпературной плазме приводит к активации поверхности НМ, приводящей к изменению физико-химических свойств поверхности. В целом ННТП положительно влияет на изменение прочностных характеристик при незначительном увеличении электризуемости.

Практически ценным результатом является то, что обработка ННТП в среде воздуха, в течение 1...3 мин приводит к увеличению абсорбционной емкости нетканого материала Холлофайбер®СОФТ. Это в свою очередь позволит производителю создать линейку впитывающих нетканых материалов и откроет новые возможности для применения нетканых материалов Холлофайбер® и создания продукции для различных отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисиенкова Л.Н., Комарова Л.Ю. Перспективы применения нетканых теплоизоляционных материалов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки – 2021, № 4. С.26...31.
2. Бесшапошникова В.И., Климова Н.А., Ковалева Н.Е. Исследование влияния структуры на свойства объемных нетканых утеплителей одежды // Материалы и технологии – 2018, № 2 (2). С. 28...33.
3. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Выбор определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов с использованием причинно-следственных схем Исикавы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 4. С. 108...115.
4. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Оценка качества теплоизоляционных нетканых материалов с функцией терморегуляции и саморегуляции, сформированных путем диспергирования волокон в потоке воздуха // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, № 3. С. 70...75.
5. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Выбор параметров для осуществления эффективного технического контроля с помощью корреляционной матрицы определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 4. С. 82...87.
6. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Планирование оптимального соотношения волокнистого состава и поверхностной плотности теплоизоляционного не-

тканого материала с эффектом терморегуляции // Дизайн и технологии. – 2021, № 82 (124). С.71...80.

7. Мезенцева Е.В., Шиханова Д.В., Уступный Ю.В., Мишаков В.Ю. Основные критерии выбора качественного утеплителя // В сб. научн. тр. Междунар. научн.-техн. симпозиума: Экономические механизмы стратегического управления развитием промышленности III Международного Косыгинского Форума "Современные задачи инженерных наук". – М., 2021. С. 6...12.

8. Мезенцева Е.В. От традиции к современности. разработка инновационных принципов теплоизоляции одежды // В сб.: Мода и дизайн: исторический опыт - новые технологии. Мат. XXIV Междунар. научн. конф. – Санкт-Петербург, 2021. С. 283...286.

9. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Актуальность вопроса дополнительной верификации показателей качества при внедрении новых стандартов // В сб. научн. тр. по материалам Круглого стола с международным участием: Теория и практика экспертизы технического регулирования и подтверждения соответствия продукции. – М., 2021. С. 138-143.

10. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. План непрерывного статистического контроля при промышленном выпуске саморегулируемых нетканых теплоизоляционных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 1. С.83...88.

11. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю. Исследование потребительских характеристик материалов Холлофайбер® для раневых покрытий // Бултеровские сообщения – 2021. Т. 67. № 8. С. 42...46.

12. Апполонова Д.К., Лисаневич М.С. Раневые покрытия на основе полиэфирных нетканых материалов // В сб. Всероссийск. научн.-техн. конф.: Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности / Под ред. Л. Н. Абуталиповой – 2019. С. 51...53.

13. Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Ivanov V.V. Analysis of the effect of ionizing radiation on the properties of bulk nonwoven material // В сб.: Journal of Physics: Conference Series. 1. Сер. "Advanced Trends in Civil Engineering –2021, ATCE 2021" 2021. С. 012024.

14. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н., Федорова Т.А., Мезенцева Е.В., Иванов В.В. Исследование влияния радиационной стерилизации на нетканый материал Холлофайбер® // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 5. С. 94...101.

15. Абуталипова Л.Н., Зиятдинова Д.Р., Лисаневич М.С., Мусин И.Н., Мезенцева Е.В. Исследование влияния огнезащитной пропитки на свойства нетканых строительных материалов Холлофайбер® // Бултеровские сообщения – 2021. Т. 67. № 7. С.81...87.

16. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю. Влияние радиационной стерилизации на воздухопроницаемость и структуру нетканого материала Холлофайбер® // Бултеровские сообщения – 2021. Т. 68. №11. С. 138...143.

17. Лисаневич М.С., Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Исследование влияния микроволокон на показатели воздухопроницаемости и суммарного теплового сопротивления объемных нетканых материалов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2021, № 1. С. 242...244.

18. Рахматуллина Р.Д., Лисаневич М.С., Мезенцева Е.В. Анализ влияния радиационной стерилизации на показатель поверхностной жесткости при изгибе нетканого материала Холлофайбер® // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2021, № 1. С. 301...305.

19. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Мезенцева Е.В. Анализ влияния радиационной стерилизации на потребительские свойства объемного нетканого материала // Бултеровские сообщения – 2021. Т. 68. № 12. С. 77...82.

20. Лисаневич М. С., Мезенцева Е. В. Анализ влияния содержания микроволокна на потребительские свойства объемных нетканых материалов. // Бултеровские сообщения –2022. Т.70. №4. С.65...70.

21. Хакимуллин Ю.Н., Гильмутдинова Г.М., Бахритдинова А.Р., Лисаневич М.С., Рахматуллина Э.Р., Галимзянова Р.Ю. Исследование влияния неравновесной низкотемпературной плазмы на свойства ламинированного нетканого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №14. С. 68.

22. Галимзянова Р.Ю., Лисаневич М.С., Хакимуллин Ю.Н., Подемирова Н.С., Легаева К.В. Влияние неравновесной низкотемпературной плазмы на свойства нетканого многослойного материала на основе полипропилена // Вестник Технологического университета – 2015. Т. 18. № 16. С. 141...143.

REFERENCES

1. Lisienkova L.N., Komarova L.Yu. Prospects for the use of non-woven heat-insulating materials // Proceedings of the Tula State University. Engineering Sciences – 2021, № 4. S. 26-31.

2. Besshaposnikova V.I., Klimova N.A., Kovaleva N.E. Study of the influence of the structure on the properties of bulk non-woven clothing insulation // Materials and technologies – 2018. № 2 (2). P. 28...33.

3. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. The choice of determining indicators of the quality of heat-insulating non-woven materials using Ishikawa's cause-and-effect schemes // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 4. P. 108...115.

4. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Evaluation of the quality of heat-insulating non-woven materials with the function of thermoregulation and self-regulation, formed by dispersing fibers in an air stream // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, № 3. P. 70...75.

5. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Selection of parameters for the implementation of effective technical

control using the correlation matrix of determining indicators of the quality of heat-insulating non-woven materials // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2021, № 4. P. 82...87.

6. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Planning the optimal ratio of fibrous composition and surface density of heat-insulating non-woven material with the effect of thermoregulation // *Design and technologies.* – 2021, №82 (124). P. 71...80.

7. Mezentseva E.V., Shikhanova D.V., Ustupny Yu.V., Mishakov V.Yu. The main criteria for choosing a quality insulation // In the collection: Collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Symposium "Economic mechanisms of strategic management of industrial development" of the III International Kosygin Forum "Modern tasks of engineering sciences". Moscow, 2021. P. 6...12.

8. Mezentseva E.V. From tradition to modernity. development of innovative principles of thermal insulation of clothing // In the collection: Fashion and design: historical experience - new technologies. Materials of the XXIV International Scientific Conference. – St. Petersburg, 2021. P. 283...286.

9. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. The relevance of the issue of additional verification of quality indicators when introducing new standards // In the collection: Theory and practice of expertise technical regulation and confirmation of product conformity. Collection of scientific papers based on materials of the Round Table with international participation. – M., 2021. P.138...143.

10. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Plan for continuous statistical control in the industrial production of self-regulating non-woven heat-insulating materials. Technology of the tech-stylish industry. – 2021, № 1 (391). P. 83...88.

11. Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu. Research of consumer characteristics of HoloFiber® materials for wound coverings // *Butlerov communications* - 2021. V. 67. № 8. P. 42-46.

12. Appolonova D.K., Lisanevich M.S. Wound coatings based on polyester non-woven materials // In the collection: Fundamental and applied problems of creating materials and aspects of textile and light industry technologies. Collection of articles All-Russian Scientific and Technical Conference. under. ed. L. N. Abutalipova - 2019. S. 51-53.

13. Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Ivanov V.V. Analysis of the effect of ionizing radiation on the properties of bulk nonwoven material // In the collection: Journal of Physics: Conference Series. 1. Ser. "Advanced Trends in Civil Engineering -2021, ATCE 2021" 2021. P. 012024.

14. Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Khakimullin Yu.N., Fedorova T.A., Mezentseva E.V., Ivanov V.V. Study of the influence of radiation sterilization on non-woven material HoloFiber® // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2021, № 5. P. 94...101.

15. Abutalipova L.N., Ziyatdinova D.R., Lisanevich M.S., Musin I.N., Mezentseva E.V. Investigation of the effect of fire retardant impregnation on the properties of non-woven building materials Holo-fiber © // *Butlerov Communications.* – 2021. V. 67. № 7. P. 81...87.

16. Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu. Influence of radiation sterilization on the air permeability and structure of the HoloFiber® nonwoven material // *Butlerov Communication.* – 2021. V. 68. № 11. P.138...143.

17. Lisanevich M.S., Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Study of the influence of microfibers on the indicators of air permeability and total thermal resistance of bulk nonwoven materials // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (SMARTEx).* – 2021, № 1. P. 242...244.

18. Rakhmatullina R.D., Lisanevich M.S., Mezentseva E.V. Analysis of the influence of radiation sterilization on the index of surface stiffness during bending of the HoloFiber® nonwoven material // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (SMARTEx).* – 2021, № 1. P.301...305.

19. Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Mezentseva E.V. Analysis of the influence of radiation sterilization on consumer properties of bulk non-woven material // *Butlerov Communications.* – 2021. V. 68. № 12. P. 77...82.

20. Lisanevich M. S., Mezentseva E. V. Analysis of the effect of microfiber content on consumer properties of bulk nonwoven materials. // *Butlerov messages* – 2022. T.70. № 4. P.65...70.

21. Khakimullin Yu.N., Gilmutdinova G.M., Bakhritdinova A.R., Lisanevich M.S., Rakhmatullina E.R., Galimzyanova R.Yu. Investigation of the influence of non-equilibrium low-temperature plasma on the properties of a laminated non-woven material // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2016, № 14. P. 68.

22. Galimzyanova R.Yu., Lisanevich M.S., Khakimullin Yu.N., Podemirova N.S., Legaeva K.V. Influence of non-equilibrium low-temperature plasma on the properties of a non-woven multilayer material based on polypropylene // *Bulletin of the Technological University.* – 2015. V. 18. № 16. P. 141...143.

Рекомендована кафедрой медицинской инженерии КНИТУ. Поступила 04.10.22.

УДК 687.016

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_146

**НОВАЯ МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ
НА ВИРТУАЛЬНЫХ ДВОЙНИКАХ ОДЕЖДЫ***

**NEW METHOD OF DEFECT IDENTIFICATION
ON VIRTUAL CLOTHING TWINS**

С. ВАН, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ

S. WAN, V.E. KUZMICHEV

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: wkd37@list.ru

Проведено исследование качества посадки виртуальных рукавов женских классических жакетов с известными конструктивными параметрами чертежей. Виртуальные рукава оценивали дважды: визуально по методу сенсорного анализа (субъективный подход) и путем сравнения с поверхностью эталонного рукава с применением технологии градиента серого цвета (объективный подход). Установлена зависимость между двумя массивами независимых оценок и показана возможность применения технологии измерения интенсивности серого цвета для идентификации складок на поверхности виртуальных рукавов.

The quality of virtual sleeves of classic women jackets with known pattern making parameters was investigated. Virtual sleeves were evaluated twice: firstly, visually by using the sensory analysis method (subjective approach) and, secondly, by comparing with the surface of the reference sleeve using gray scale technology (objective approach). The relationship between two arrays of independent assessments was established and the possibility of using grey scale technology to identify folds on the surface of virtual sleeves was shown.

Ключевые слова: виртуальный двойник, женский жакет, рукав, посадка, оценка, серый цвет.

Keywords: virtual twin, women jacket, sleeve, fit, evaluation, grey scale.

Индустрия 4.0 включает много принципиально новых компонентов, предлагаемых современными технологиями. Важнейшей задачей их рационального использования является интегрирование огром-

ного объема человеческих знаний, накопленного к этому времени в узких профессиональных сферах, к которым относят конструирование одежды, в компьютерные технологии. Многие программные про-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ивановской области в рамках научного проекта № 20-47-370006.

дукты в сфере индустрии моды являются не только прикладными, но и выполняют функции мощного исследовательского инструмента. Программные продукты Assyst, CLO Virtual Fashion, FNXTECH, Gerber Technology, OPTITEX, Shima Seiki, tg3d, CentricSoftware, Browzwear, Buyi и другие широко используют для генерирования виртуальных двойников одежды на разных этапах жизненного цикла продукции. Именно с этими продуктами связывают фундаментальные изменения в методах традиционного дизайна и проектирования одежды, в частности, экономию трудовых и материальных затрат, улучшение качества всех проектных работ [1].

Особенно перспективным является изыскание таких возможностей в современных САПР, которые позволили бы прогнозировать появление дефектов одежды из-за просчетов в конструкторских решениях на этапе их визуализации виртуальных двойников. Понятно, что их нынешнее информационное наполнение пока не позволяет визуализировать все ошибки конструктора, но в случае формализации всех экспериментальных данных такие сценарии будут реальными.

Представляет особый интерес разработки такого сценария для проектирования виртуальной системы "пройма-рукав" для женского классического жакета с прогнозируемыми показателями качества посадки рукава. Возникновение дефектов посадки (наличие складок вдоль оката и на рукаве,

антропоморфное несоответствие) может быть вызвано многими факторами, относящимися к конструктивным решениям проймы и рукава, конфекционированию материалов, а потому их идентификация на виртуальном двойнике рукава интересна с практической и научной точек зрения [2].

В данной статье рассмотрен алгоритм идентификации дефектов, возникающих в виртуальных двойниках рукавов женских классических жакетов, под влиянием конструктивных особенностей чертежей рукавов.

1. Методы и средства исследований

1.1. Объекты исследования

В качестве объектов исследования взяты рукава женских классических жакетов и чертежи конструкций, использованные для генерирования виртуальных двойников. Чертежи разработаны для размерного варианта женской фигуры 160-84-64 [3].

1.2 Методы исследования и программное обеспечение

В исследовании использованы методы измерения интенсивности серого цвета на виртуальных жакетах, экспертной оценки, квалитметрии и сравнения с эталоном.

Использовали программное обеспечение различного целевого назначения: ET-CAD (Китай) для построения и модификации чертежей; 3DCLO (Корея) для получения виртуальных двойников жакетов; Excel (США) для статистической обработки результатов; ImageJ (США) для графоаналитического анализа образов рукавов.

Т а б л и ц а 1

Конструктивные параметры, единица измерения	Интервал, шаг изменения параметра	Условия моделирования чертежа рукава	Виды проекций рукава для анализа	Критерии оценки качества посадки
Высота оката рукава ВОР, см	$[-3 \dots 2], \pm 1$	1. Параллельное увеличение и уменьшение обоих параметров 2. Сохранение постоянной длины линии проймы 49 см	Фронтальный (П). Профильный (Б). Сзади (З). Изнутри (И)	1. Количество и глубина складок (субъективная оценка) 2. Шкала серого цвета (объективная оценка)
Ширина рукава ШОР, см	$[-4 \dots 6], \pm 2$			
Наклон рукава ниже линии локтя E_b , °	$[-9 \dots 9], \pm 3$	1. Параллельное увеличение или уменьшение обоих параметров		
Наклон рукава S_b : °	$[-6 \dots 6], \pm 2$			

1.3 Приемы модификации чертежей рукавов

Для воспроизведения дефектов посадки рукавов в пройме проверенные исходные чертежи модифицировали путем изменения конструктивных параметров, ответственных за возникновение дефектов. Перечень четырех изменяемых параметров и условия их варьирования показаны в табл.1.

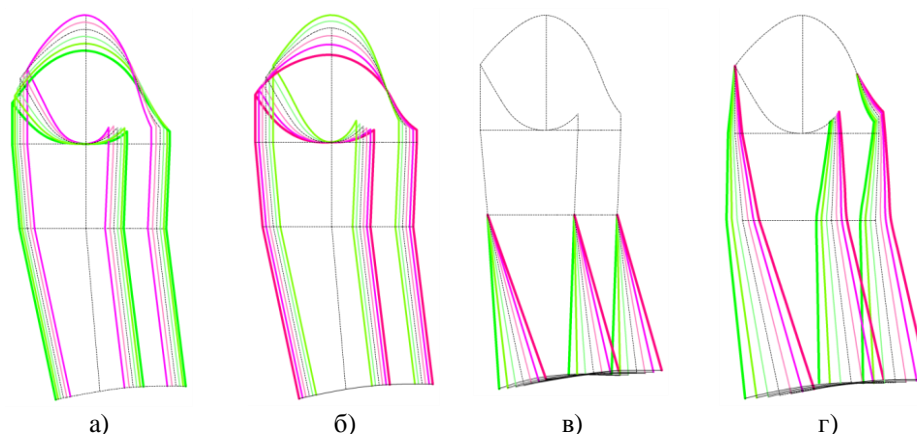


Рис. 1

1.4. Генерирование виртуальных рукавов и методика оценки состояния их поверхности

Виртуальные двойники женских жакетов генерировали с помощью программы 3DCLO (Корея) на аватаре женской фигуры 160-84-64, но без верхних конечностей. Использовали виртуальный двойник ткани Melton (50% шерстяное волокно, 50% акриловое волокно, толщина 1.4 мм, цвет – оливковый зеленый, поверхностная плотность 490 г/м²) из библиотеки Clo3D со следующими относительными значениями показателей (от максимальных), %: растяжимость по основе и утку 55...57, сопротивление сдвигу 27, жесткость при изгибе 63...65. После получения жакета удаляли стан и эксперимент продолжали с правым рукавом.

Оценку ровноты поверхности рукавов проводили двумя способами: оценивали субъективно с привлечением экспертов (сенсорный анализ) и измеряли интенсивность серого цвета по длине и ширине рукава в сравнении с эталонным рукавом, имеющим высокое качество посадки. Метод серого цвета является популярным ме-

тодом для анализа изображений (ранее этот метод был успешно применен для квалитметрии фотоизображений рукавов [4]).

Сенсорный анализ качества рукавов включал осмотр виртуальных двойников спереди, сбоку, сзади и изнутри и выставление оценки посадки по трехуровневой шкале: 1 – плохая, 2 – удовлетворительная, 3 – отличная. Для проведения сенсорного анализа были привлечены специалисты швейной промышленности, обладающие достаточным опытом и проинструктированные относительно требований к качеству посадки [5].

Для измерения интенсивности серого цвета исходный виртуальный имидж модифицировали путем автоматического изменения контрастности изображения в программе ImageJ и на поверхности рукава наносили три линии: Sw – линия ШОР, Ff – линия переднего сгиба, Fe – линия переднего шва. На рис. 2 показаны проекции контрольного рукава с идеальной посадкой Pfs (а) и положение линий Sw и Ff, вдоль которых измеряли интенсивность серого цвета (б, в, г, д – варианты после увеличения контрастности).

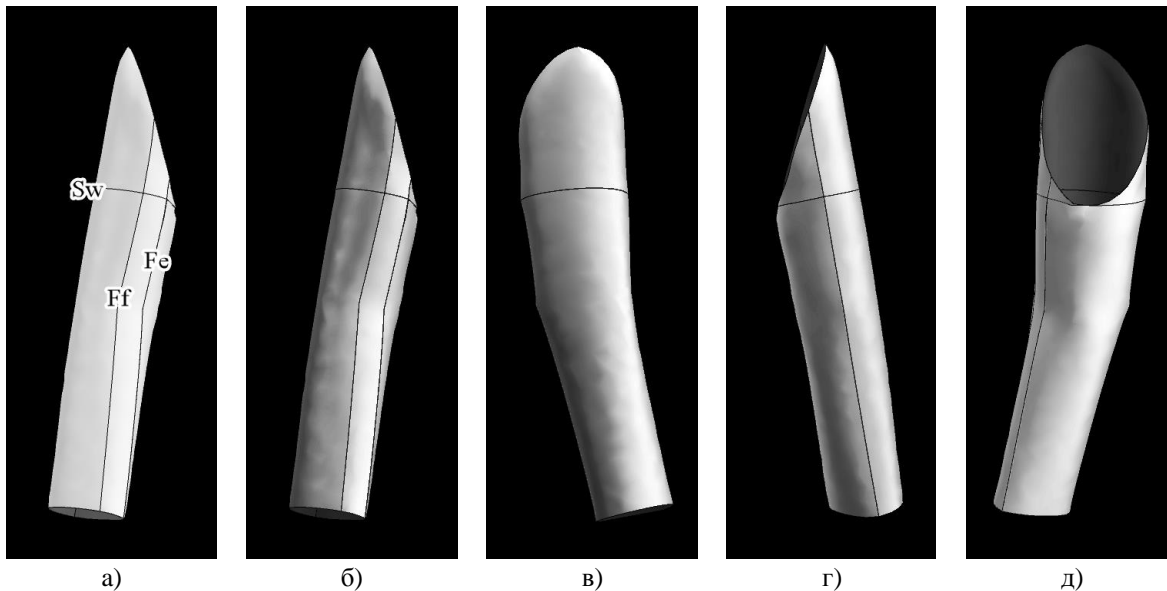


Рис. 2

Рис. 3 (виртуальный рукав (а) и шкала серого цвета вдоль зеленой линии на рукаве (б), полученная в программе ImageJ.

По длине рукава выбрано количество пикселей 700) показывает изменение интенсивности серого цвета (Gray Value) вдоль зеленой линии Ff, обозначенной зеленым цветом. По рис. 3 можно определить наличие и локацию складок, около которых происходит резкое изменение интенсивности. В данном примере складка расположена на расстоянии 25 и 100 пикселей от линии оката или 25 и 100 мм, если количество пикселей вдоль зеленой линии приравнять к длине рукава.

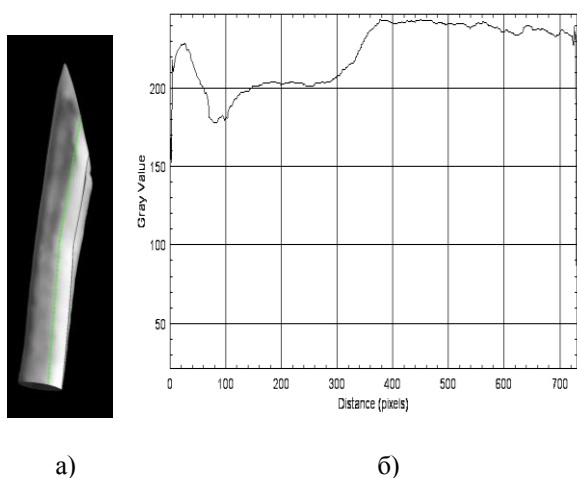


Рис. 3

2. Результаты и обсуждение

2.1 Формирование обучающей выборки

Обучающая выборка была сформирована из визуальных образов экспериментальных рукавов, сгенерированных согласно схеме эксперимента из табл.1. В табл.2 приведены изображения виртуальных рукавов, на которых видны места локаций складок, возникших под влиянием изменения каждого конструктивного параметра.

Из табл. 2 видно, что с увеличением ВОР складки преимущественно возникают на внешней поверхности (верхней части); уменьшение ВОР приводит к появлению складок на внутренней поверхности (нижней части рукава). Изменение ШОР сопровождается противоположными эффектами: при увеличении ширины складки возникают на нижней части, а при уменьшении – на передней.

Причиной появления складок вдоль локтевого сгиба, как видно из табл.2, является несоответствие между конструкцией рукава ниже линии локтя и положением предплечья руки. Такие складки возникают при увеличенном отведении нижней части переднего среза вперед.

Перемещение всего переднего среза вперед или назад также деформирует части рукава: нижнюю под проймой – при отве-

дении назад, верхнюю в области локтевого шва – при отведении назад.

Таким образом, сформированная обуча-

ющая выборка в виде виртуальных рукавов с разными видами дефектов является базой для их дальнейшей квалиметрии.

Таблица 2

Изменяемый конструктивный параметр	Внешний вид виртуальных рукавов						
ВОР, см							
		-3	-2	-1	0	+1	+2
ШОР							
		-4	-2	0	+2	+4	+6
Угол Еб, °							

	-9	-6	-3	0	+3	+6	+9
Угол Sb, °							
	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6

Вдоль выделенных линий Ff и Sw были измерены величины интенсивности серого цвета. На рис. 4 (изменение интенсивности серого цвета под влиянием изменения ВОР Sch согласно рис.1-а: а – изменение единичных показателей вдоль переднего сгиба Ff; б – интервальные значения; в – изменение единичных показателей вдоль линии Sw; г – интервальные значения. Фиолетовый цвет соответствует увеличению параметра, зеленый – уменьшению) показаны графики изменения интенсивности серого цвета под влиянием конструктивного параметра ВОР, а также под влиянием сгруппированных значений, когда параметр убывает или возрастает.

Рис. 4 – а,б показывают, что увеличение или уменьшение ВОР приводит к возникновению разного количества складок на разных участках и варьированию их глубины.

2.2 Параметризация субъективной и объективной оценок качества рукавов

Количественную оценку перепадов интенсивности серого цвета для каждого экспериментального рукава проводили путем его сравнения с контрольным рукавом, обладающим отличной посадкой, по формуле:

$$G_o = \frac{\sum_i |P_i - D_i|}{n}, \quad (1)$$

где G_o – среднее значение разности пикселей между качественным и экспериментальным рукавом; P_i – значение i -го пикселя качественного рукава; D_i – значение i -го пикселя экспериментального рукава из обучающей выборки; n – количество пикселей на вдоль линий Ff или Sw, $n = 500$.

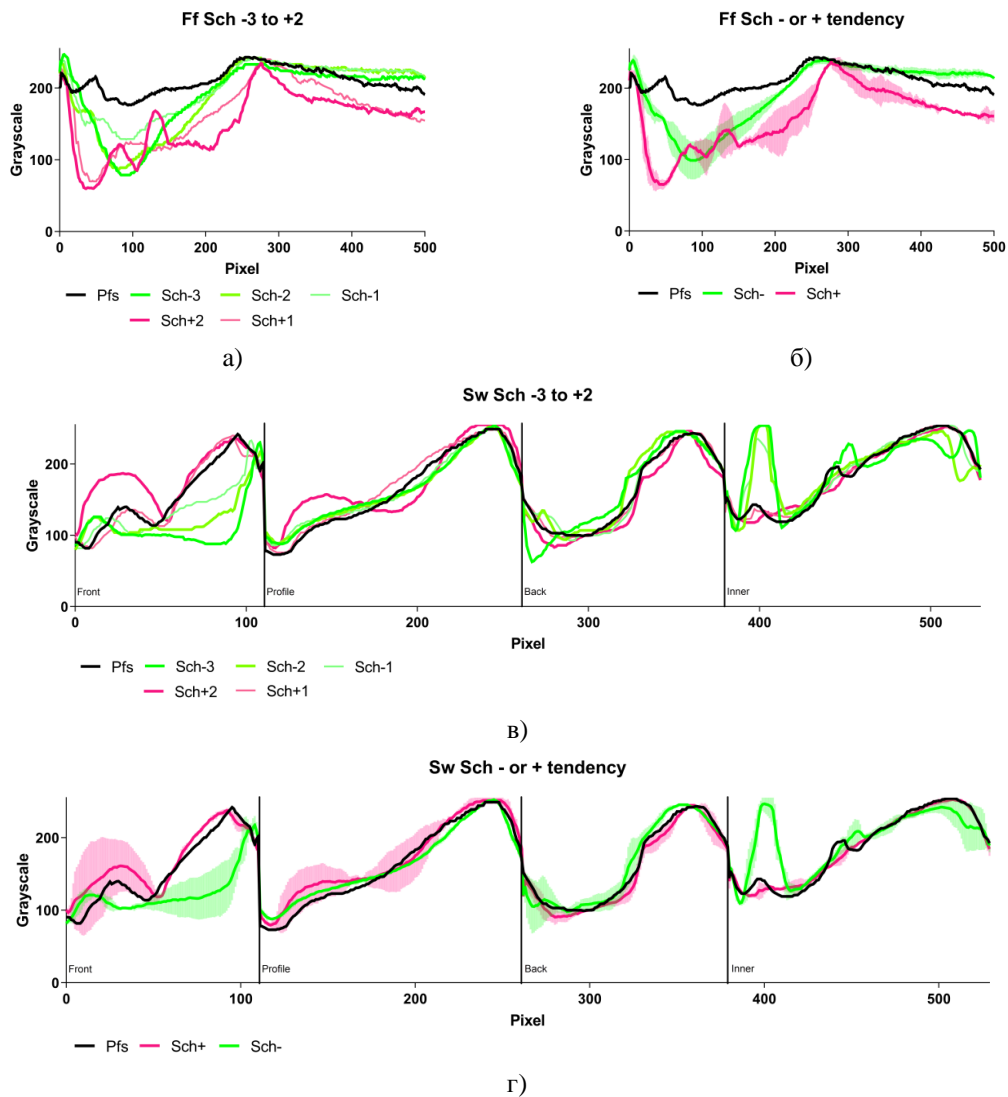


Рис. 4

После измерения пяти средних значений разностей на проекциях спереди (вдоль Sw и Ff), сбоку (вдоль Sw), сзади (вдоль Sw) и изнутри (вдоль Sw) была рассчитана взвешенная разность между контрольным и экспериментальным рукавами. Вклад дефектов на разных проекциях в общее впечатление от рукава был оценен следующим весом, %: дефекты на виде спереди были оценены 50, сбоку 30, сзади 15, изнутри 5.

Взвешенная субъективная оценка была рассчитана как среднее арифметическое оценок, полученных для четырех проекций. Результаты расчетов и измерений приведены в табл.3 (показатели объективной (по шкале серого цвета) и субъективной (сенсорной) оценок экспериментальных рукавов из обучающей выборки).

После обработки результатов табл.3 экспериментальные рукава были объединены в три группы согласно установленной шкале качества посадки и измеренным значениям серого цвета. На рис.5 (диаграмма различий между контрольным рукавом и экспериментальными рукавами по шкале серого цвета в зависимости от качества посадки. Различия вычислены для проекций спереди (Ff_F , Sw_F), сбоку (Sw_P), сзади (Sw_B) и изнутри (Sw_I) для рукавов с отличной (Perfect), удовлетворительной (Moderate) и плохой (Poor) посадкой) показаны диаграммы различий между проекциями контрольных и экспериментальных рукавов, идентифицированных как плохие (Poor), удовлетворительные (Moderate) и отличные (Perfect) в зависимости от их показателей серого цвета (Grayscale offset).

Параметр, единица измерения	Величина изменения	Показатели серого цвета на проекциях рукавов					Взвешенная разность между рукавами по шкале серого цвета $Go(w)$	Показатели субъективной оценки рукавов на проекциях				Средняя арифметическая субъективная оценка экспериментального рукава $Sc(w)$
		П		Б	З	И		П	Б	З	И	
		Ff_F	Sw_F	Sw_P	Sw_B	Sw_I						
ВОР, см	-3	27.3	53.7	10.9	16.4	25.9	27.3	Po	Pe	Mo	Po	1.75
	-2	30.0	40.7	11.0	11.3	21.7	23.8	Mo	Pe	Mo	Po	2.25
	-1	21.2	24.7	8.7	7.81	15.7	16.0	Mo	Pe	Mo	Po	2.25
	+1	45.5	9.7	7.7	3.6	4.3	16.9	Mo	Pe	Pe	Pe	2.5
	+2	57.3	28.6	21.0	13.4	8.1	30.2	Po	Po	Po	Mo	1.05
ШОР, см	-4	59.1	16.2	29.9	16.8	10.6	30.8	Po	Po	Po	Mo	1.05
	-2	50.5	10.9	20.4	21.0	7.0	25.0	Mo	Mo	Po	Mo	1.85
	+2	8.3	18.7	6.3	7.5	20.1	10.8	Pe	Pe	Mo	Po	2.75
	+4	28.1	45.7	11.6	10.4	28.1	24.9	Mo	Mo	Mo	Po	1.95
	+6	38.2	63.6	14.7	27.8	23.9	35.3	Po	Po	Po	Po	1
Eb, град	-9°	31.7	9.6	5.0	5.9	13.2	13.4	Mo	Pe	Pe	Mo	2.45
	-6°	18.9	10.6	5.3	5.7	15.6	10.5	Pe	Pe	Pe	Mo	2.95
	-3°	11.0	8.0	2.7	5.1	11.9	6.9	Pe	Pe	Pe	Mo	2.95
	+3°	22.7	8.6	3.7	5.8	11.3	10.3	Mo	Pe	Mo	Mo	2.3
	+6°	27.1	16.5	20.1	30.2	10.7	22.0	Mo	Mo	Po	Mo	1.85
	+9°	30.7	19.0	26.1	31.2	11.6	25.5	Mo	Po	Po	Po	1.5
Sb, град	-6°	42.8	45.0	18.0	15.0	17.6	30.5	Po	Mo	Mo	Po	1.45
	-4°	37.0	23.0	9.4	15.2	12.0	20.7	Mo	Pe	Mo	Mo	2.3
	-2°	20.4	12.9	3.7	6.3	11.1	10.9	Mo	Pe	Pe	Mo	2.45
	+2°	28.0	8.9	5.9	9.1	12.5	13.0	Pe	Mo	Mo	Mo	2.5
	+4°	46.1	10.9	13.1	28.3	13.9	23.1	Mo	Po	Po	Mo	1.55
	+6°	44.3	12.8	14.1	24.8	11.4	22.8	Po	Po	Po	Po	1

Примечание. 1. Проекция рукавов: П - спереди, Б - сбоку, З - сзади, И - изнутри. 2. Измерения интенсивности серого цвета по ШОР на проекциях: спереди Sw_F , сбоку Sw_P , сзади Sw_B , изнутри Sw_I .

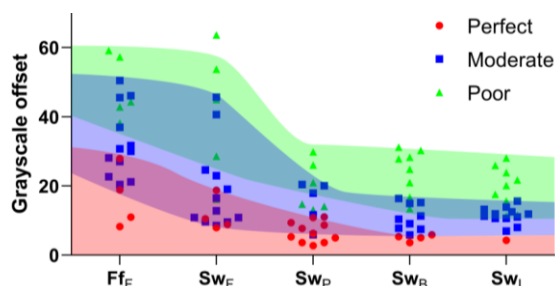


Рис. 5

Как видно из рис.5, ввиду некоторой условности субъективных оценок происходит перекрытие диаграмм: особенно активно происходит размывание границ субъективных оценок при оценке рукава на проекции спереди. Очевидно, что такой подход не может быть принят в качестве основного. Поэтому в качестве дополнительного

или альтернативного был выбран метод оценки с использованием шкалы серого цвета.

Для нахождения зависимостей между объективными и субъективными показателями качества посадки рукавов был использован метод линейной регрессии. Все варианты исследованных рукавов были объединены в семь групп по величине деформации исходного конструктивного параметра DL3-, DL2-, DL1-, DL1+, DL2+, DL3+ и статистически обработаны. На рис.6 (зависимость между показателями субъективной $Sc(w)$ (Weighted subjective evaluation) и объективной $Go(w)$ (Weighted grayscale offset) оценок экспериментальных рукавов из обучающей выборки) приведена регрессия, аппроксимируемая уравнением между взве-

шенной объективной оценкой и средней арифметической субъективной оценкой:

$$Go(w) = 43,1 - 11,4 Sc(w), \quad (2)$$

где $Go(w)$ – взвешенная объективная оценка по шкале серого цвета; $Sc(w)$ – средняя арифметическая оценка результатов сенсорного анализа. Коэффициент корреляции составил $r^2 = 0,79$.

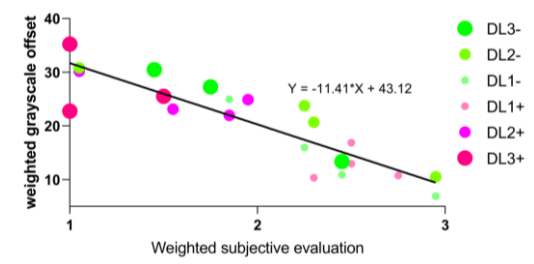


Рис. 6

Как видно из рис.6, низкая субъективная оценка экспериментальных рукавов соответствует высоким значениям разности между рукавами по шкале серого цвета, т.е. рукава с низким качеством (DL3-, DL3+, DL2-, DL2+) посадки имеют на поверхности много мелких или крупные складки. Такие сочетания расположены преимущественно в левой стороне графика. И наоборот, в правой стороне графика расположены оценки для более качественных рукавов.

Таким образом, доказана возможность параллельного использования результатов сенсорного анализа и количественного определения различий между контрольным рукавом и вновь проектируемым виртуальным рукавом. Такой результат открывает возможность для автоматической оценки качества виртуальных двойников рукавов без привлечения экспертов.

ВЫВОДЫ

В концепции Индустрии 4.0 разработан алгоритм квалиметрии виртуальных двойников рукавов женских классических жакетов с использованием шкалы серого цвета.

Алгоритм основан на сравнении контрольного рукава с вновь спроектированным. Алгоритм может быть использован не только для квалиметрии качества проектирования рукавов, но и для прогнозирования мест возникновения дефектов после разработки математических моделей, объединяющих конструктивные параметры и показатели, измеренные по диаграммам серого цвета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Petrak S., Mahnić N.M., Rogale D. Computer technology in fashion design and product development // Bulletin of the Croatian Academy of Engineering. – 2018, 13(2). P.22...24.
2. Zakaria N., Gupta D. Anthropometry, apparel sizing and design (second edition) // Woodhead Publishing. – 2020.
3. Ван С., Кузьмичев В.Е. Создание цифровых двойников узла "пройма-рукав" для классических женских жакетов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №1. С. 177...184.
4. Ло Юнь. Проектирование виртуальных систем "женская фигура-одежда" с разной объемно-силуэтной формой: Дис...канд. техн. наук. – Иваново, 2011.
5. What factors affecting good fit and reasons for poor fitting? //URL:www.technologygmt.com/post/what-factors-affecting-good-fit-and-reasons-for-poor-fitting (дата обращения: 26.04.2022).

REFERENCES

1. Petrak S., Mahnić N.M., Rogale D. Computer technology in fashion design and product development // Bulletin of the Croatian Academy of Engineering. – 2018, 13(2). P.22...24.
2. Zakaria N., Gupta D. Anthropometry, apparel sizing and design (second edition) // Woodhead Publishing. – 2020.
3. Wan S., Kuzmichev V.E. Digital twins of "arm-hole - sleeve-in" junctures // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №1. P. 177...184.
4. Luo Yun. Design of virtual systems "female figure-clothes" with different volume-silhouette form: Dis...cand. tech. Sciences. – Ivanovo, 2011.
5. What factors affecting good fit and reasons for poor fitting? //URL:www.technologygmt.com/post/what-factors-affecting-good-fit-and-reasons-for-poor-fitting (дата обращения: 26.04.2022).

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 20.06.22.

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ
С НЕСТАНДАРТНЫМ ТЕЛОСЛОЖЕНИЕМ
НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБРАЗА ЧЕЛОВЕКА**

**METHOD OF RESEARCH AND DESIGN
OF ADAPTIVE CLOTHING FOR PEOPLE
WITH NON-STANDARD CONSTITUTION BASED
ON A COMPUTER IMAGE OF A PERSON**

С.М. КОНЫСБЕКОВ, В.М. ДЖАНПАИЗОВА, Г.С. КЕНЖИБАЕВА, Т. ТОГАТАЕВ, С.Ж. АБДИКЕРИМОВ
S.M. KONYSBEKOV, V.M. JANPAIZOVA, G.S. KENZHIBAYEVA, T. TOGATAEV, S.ZH. ABDIKERIMOV

(Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан)

(M.Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: skonysbekov@mail.ru

В настоящее время проблемы людей с нестандартным телосложением обратили на себя внимание общества в целом и модной индустрии в частности. Проектирование одежды для людей с нестандартным телосложением основано на максимальной профессиональной ответственности дизайнера и учете всех требований к данному виду одежды.

Предложена методика получения исходных данных при проектировании одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями. Показаны особенности определения исходной информации для подростков. Обосновано применение 3DsMax моделирования для получения исходных данных.

Currently, the problems of people with disabilities have attracted attention of society in general and the fashion industry in particular. Designing clothes for people with disabilities is based on the maximum professional responsibility of the designer and taking into account all the requirements for this type of clothing. The pre-project analysis made it possible to identify the conditions for the existence of the "disabled person–clothing–environment–rehabilitation effect" system and the basic requirements for clothing for people with disabilities.

A method for obtaining initial data when designing clothes for people with motor disabilities is proposed. The features of determining the initial information for adolescents are shown. The application of 3DsMax modeling to obtain initial data is justified.

Ключевые слова: исходные данные, люди с ограниченными двигательными возможностями, цифровые 3DsMax макеты, текстильная отрасль, фигура человека.

Keywords: source data, people with motor disabilities, digital 3DsMax layouts, textile industry, human figure.

Введение

Проблема повышения качества жизни является проблемой, представляющей на-

циональный и международный интерес. Неизбежной социальной обязанностью является создание равных возможностей для

инвалидов, с целью повышения их жизненного уровня и обеспечения им равной доли участия в социальном развитии в качестве продуктивных членов общества.

По статистике и оценкам экспертов ООН инвалиды составляют в среднем 10 % от всего населения планеты. На сегодня в Казахстане проживает около 700 тысяч людей с инвалидностью, в том числе и подростки. В 2015 году президентом нашего государства была подписана ратификация Конвенции ООН "О правах инвалидов". Конвенция, четко прописывает права и возможности людей с инвалидностью. Проектированием одежды для людей с нестандартным телосложением здоровья в Российской Федерации занимаются Волкова В.М., Коробцева Н.А., Савченков И.Е., Голубчикова А.В., Савельева Н.Ю., Приходченко О.В., Харлова О.Н., Андреева Е.Г., Панферова Е. Г., Козлова Е.В. А за рубежом вопросами изготовления и реализации адаптивной одежды для людей пожилого возраста посредством Интернет-магазинов занимаются специалисты из Канады, США, Финляндии и Японии, компании "Silvert's", "BUCK & BUCK", Professional fit Clothing, Adaptive Apparel, Easy Access Clothing, Izzy Camilleri.

Однако одежду для такого контингента людей достаточно трудно найти на отечественном рынке. Поэтому целью наших исследований является проектирование и исследование с использованием 3DsMax технологий адапционной одежды для людей с нестандартным телосложением, в частности, для людей с ограниченными двигательными возможностями.

Методы и объект исследования

Для достижения поставленной нами цели первостепенное значение имеют исследования, непосредственно направленные на получение исходных данных для проектирования адапционной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями с использованием современных цифровых 3DsMax технологий.

В результате изучения вышеперечисленных работ был получен материал, анализ которого позволил заключить, что все представленные исследования направлены

на контингент здоровых людей, которые обладают способностью самостоятельно находиться в положении стоя без посторонней помощи и специальных приспособлений достаточный промежуток времени.

При этом развитие методов 3DsMax проектирования открывает новые возможности повышения качества конструкций для индивидуальных фигур, однако их применение при проектировании изделий для инвалидов изучено недостаточно. На основании вышесказанного можно сделать вывод, что совершенствование методов 3DsMax проектирования швейных изделий на фигуры с асимметрией телосложения, для достижения антропометрического соответствия фигуре, улучшения качества посадки, поиска решения улучшения эстетического восприятия одежды для инвалидов является актуальной научной и практической задачей.

Результаты и обсуждение

В результате исследований, проведенных совместно с учеными кафедры технологии и проектирования текстильных материалов нами предложен мобильный программно-технический комплекс трехмерной реконструкции 3DsMax модели фигуры человека.

Данный комплекс обладает следующими свойствами:

- малые габариты технического и аппаратного сопровождения, входящего в систему сканирования;
- легкость в наладке, сборке и разборке составляющих элементов;
- возможность распознавания "мертвых зон" на теле человека, и создание макетов фигур и одежды с максимальной степенью достоверности;
- качественное проведение съемки без нарушения дистанции и создания искусственных помех;
- достоверность полученных данных для дальнейшего исследования при проектировании.

Также данный комплекс имеет ряд отличительных особенностей:

- малая внутренняя площадь помещения, в котором производится сканирование фигуры человека, что позволяет осуществ-

лять работу по сканированию фигуры человека в условиях "на дому" у заказчика, имеющего ограниченные двигательные возможности;

– полученные макеты фигур позволяют в дальнейшем проектировать одежду без примерки, что способствует дальнейшему общению с заказчиком по средствам сети Интернет;

– низкая стоимость оборудования, используемого для сканирования тела человека, способствует снижению конечной себестоимости изготавливаемых образцов адаптационной одежды.

Методика проектирования адаптационной одежды с высокой степенью статического и динамического соответствия особенностям фигуры, учитывающая способ передвижения и образ жизни подростков с нарушениями осанки.

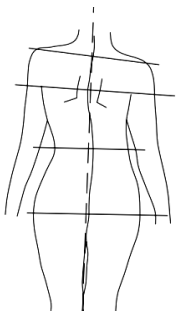
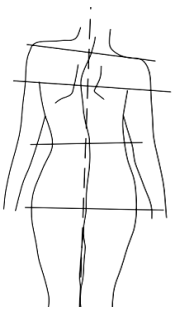

Работа основывается на использовании проектирования адаптационной одежды для подростков, использованы методы теоретического и графического анализа, социологических исследований, математико-статистической обработки информации и

результатов исследований, методологические основы антропометрии, методы планирования эксперимента, инженерные методы получения разверток деталей одежды, оценки статического и динамического соответствия одежды телу человека и методы 3DsMax моделирования. Автоматизированное конструирование на базе современной компьютерной техники позволяет существенно сократить сроки разработки проектов, снижает стоимость подготовки производства новых моделей, повышает качество реализуемых услуг, снижает материалоемкость продукции.

Разработка нового вида одежды для людей с нестандартным телосложением позволяет обеспечить качественно более высокий уровень их жизненной активности. На сегодняшний день подростки с нарушениями осанки не обеспечены комфортной одеждой в достаточных количествах, да и сама одежда не отвечает физиологическим потребностям человека.

Общая характеристика фигур по группам отклонений от симметричности представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Группы	I	II	III
	Отклонение от симметрии до 5%	Отклонение от симметрии от 5 до 10%	Отклонение от симметрии более 10%
Характеристика фигуры	<ul style="list-style-type: none"> -незначительная деформация позвоночного столба; -различия в измерениях правой и левой половинок не более 5%; -асимметрия малозаметна для зрительного восприятия; -возможна коррекция разницы высоты плеч с помощью плечевых накладок различной толщины; -средние линии спинки и переда условно вертикальны 	<ul style="list-style-type: none"> -значительная деформация позвоночного столба; -различная высота основных конструктивных точек; -асимметрия заметна для зрительного восприятия; -шея наклонена в одну из сторон; -средние линии спинки и переда отклонены от вертикали; -треугольники талии не пропорциональны; -длина боковых линий фигуры различна 	<ul style="list-style-type: none"> - значительная деформация позвоночного столба; -различная высота основных конструктивных точек; -шея наклонена в одну из сторон; -средние линии спинки и переда отклонены от вертикали; -треугольники талии не пропорциональны; -длина боковых линий фигуры различна; -может иметь локальный выступ в результате торсии позвонков (поворота вокруг вертикальной оси)
Рисунок			

Автоматизированное проектирование является наиболее прогрессивной технологией конструирования изделий многих отраслей промышленности, в том числе и швейной, позволяя существенно сократить сроки разработки конструкций, повысить точность выполнения проектов.

При проектировании одежды, независимо от ее вида, назначения и модельных особенностей, исходными данными являются данные о телосложении человека. Для полного соответствия одежды размерам фигуры необходимы максимально точные сведения о форме, размерах, особенностях пропорциях тела человека.

Проблема производства одежды для инвалидов не получила должного развития не только в Республике Казахстан, но и за рубежом. И если в Казахстане в настоящее время функционируют свыше 200 предприятий по производству ортопедической обуви, то производство функциональной (адаптационной) одежды для данной категории лиц осуществляется в ограниченном количестве лишь в лабораториях при протезно-ортопедических центрах или в специализированных ателье.

По данным Всемирной торговой организации в ракурсе мирового промышленного комплекса легкая промышленность входит в состав ведущих отраслей, на долю которой приходится 5,7 процентов мирового валового продукта, более 14 процентов занятых в промышленном комплексе.

Мировой рынок продукции текстильной и легкой промышленности развивается динамично. За последние пятнадцать лет товарооборот увеличился более чем в 2 раза. Потребление тканей, одежды и обуви выросло в странах ЕС на 90,5 процентов, в США - на 99,3 процента, в Японии - более чем в 2 раза. На долю легкой промышленности Казахстана приходится всего 1,9 процента мирового товарооборота.

При выборе одежды многие руководствуются прежде всего ее удобством в носке и при надевании и снятии (61,5 %), а также соответствием одежды индивидуальным колористическим и антропометрическим данным потребителя.

О необходимости высокого качества изготовления покупаемой одежды заявили 18,4% респондентов. Одежду инвалиды чаще всего покупают на рынках (54,3%) и реже в магазинах (33 %), некоторые шьют одежду на заказ или сами. Однако та одежда, которую они могут приобрести, не удовлетворяет большую часть опрошенных, в связи с тем, что ее неудобно надевать и снимать (30,1%), нет подходящего размера или изделие имеет плохую посадку на фигуре (30,5%). Основной трудностью в приобретении одежды, считают 80% респондентов, является отсутствие у них возможности произвести примерку изделия при его покупке.

Сложность организации производства одежды для инвалидов и, в особенности, для инвалидов, лиц с дефектами плечевого пояса заключается, прежде всего, в многоцелевом характере процесса проектирования изделий рассматриваемой ассортиментной группы. С одной стороны, эта одежда должна соответствовать эстетическим требованиям и не подчеркивать инвалидность потребителя. С другой, – обеспечивать возможность самостоятельного (или при минимальной помощи) пользования этой одеждой при снятии и надевании, а также соответствие изделий физиологическим и гигиеническим потребностям человека. При этом разработка оригинальных решений, как правило, осуществляется с учетом взаимосвязей элементов системы "человек-протез-одежда". Данное направление работ получило развитие в разработках функционально-эстетической одежды как средства бытовой реабилитации и социальной адаптации инвалидов.

Из всех стилей одежды наиболее предпочтительным является спортивный, джинсовый (48,3%), так как он универсален и допускает, по их мнению, некоторую небрежность (складки, заломы), несоответствие одежды фигуре и т.п. Вместе с тем, около 32% людей отметили, что у них нет определенного стиля в одежде, а 14,2% придерживаются классического стиля и хотели бы всегда одеваться элегантно.

Важное достижение последних 10...15 лет: в моде инвалидность стала показываться открыто. Раньше мода чем-то напоминала Франклина Делано Рузвельта. Президент США, переболевший полиомиелитом, ездил в кресле-каталке по Белому дому. Во время публичных выступлений его помощники делали все, чтобы скрыть от хроники, как он с трудом добирается до трибуны на костылях. Сегодня для политика нормально выступать на митинге, сидя в кресле-каталке.

Так и для моды: есть полные люди, есть инвалиды, но их не показывали. Дизайнеры и модели могли участвовать в благотворительных проектах, помогать инвалидам, но сами инвалиды не были моделями.

Теперь же у нас на глазах инвалидность становится особенностью, а не изъяном. Понятие красоты в моде меняется на глазах – оно перестает быть догматичным. Брешь пробило то, что в глянцевых журналах стали печатать фотосессии с моделями пышных форм, и появилось огромное и быстро развивающееся направление – модели больших размеров (plus size).

Совершенствование методов конструкторской подготовки производства одежды для инвалидов обуславливается и частой необходимостью реализации заказа на изготовление одежды в дистанционном режиме в связи с ограниченными двигательными возможностями конкретного индивида или удаленности его местожительства от предприятия-изготовителя. Предложена концептуальная последовательность этапов проектирования одежды для инвалидов с использованием новых компьютерных технологий; выявлены, на основе обобщения данных антропометрических измерений фигур инвалидов, существенный полиморфизм и выраженная асимметричность фигур ампутантов; систематизированы параметры и средства формообразования плечевой одежды для морфологически измененных фигур инвалидов; разработаны алгоритмы трехмерного проектирования одежды для инвалидов с патологическими изменениями опорной поверхности; разработано новое приспособление для воссоздания и (или) маскировки дефектов плечевой

поверхности; предложена новая технология изготовления пакета материалов с заданными параметрами формоустойчивости.

При проектировании одежды, независимо от ее вида, назначения и модельных особенностей, исходными данными являются данные о телосложении человека. Для полного соответствия одежды размерам фигуры необходимы максимально точные сведения о форме, размерах, особенностях пропорциях тела человека.

В Ы В О Д Ы

1. Анализ особенностей телосложений фигур с нарушениями осанки, обусловленных деформацией позвоночника во фронтальной плоскости, показал недостаточность стандартного набора размерных признаков, применяемых в расчетно-аналитических методиках построения конструкций. Для их использования при проектировании изделий для подростков с заболеваниями опорно-двигательного аппарата предложены дополнительные размерные признаки и методы 3DsMax моделирование, позволяющие получить недостающую антропометрическую информацию.

2. Разработаны алгоритмы построения конструкций базовой основы расчетно-аналитическим и автоматизированным способами, позволяющие достичь соответствия изделия размерным данным фигуры и сбалансированную посадку.

3. Описан процесс проектирования конструкции одежды на фигуру с нарушениями осанки в автоматизированной системе 3DsMax моделирования одежды с возможностью автоматической подстройки поверхности манекена.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Бабенко Л.Г., Савельева Н.Ю.* Улучшение качества жизни людей в сфере легкой промышленности // Сб. ст. Междунар. научн.-практ. конф.: Управление инновациями в современной науке. – Самара: ООО "Аэтерна", 2015.

2. *Раздомахин Н.Н.* Аспекты антропометрического обеспечения одежды: анализ взаиморасположения одноименных антропометрических точек фигуры человека // Швейная промышленность. – 2006.

3. Корнилова Н.Л., Горелова А.Е., Смирницкий А.В. Трехмерное проектирование плотнооблегающей одежды на индивидуального потребителя // Швейная промышленность. – 2013, № 1.

4. Савельева Н.Ю., Савельева А.А., Гнездилова В.Б., Куренова С.В. Разработка мобильного программного-технического комплекса реконструкции изображения ЛОДВ // Мат. V Междунар. научн.-практ. конф. Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета. – Шахты: Изд-во ИС-ОиП (ф) ДГТУ, 2015.

5. Матузова Е.М. Разработка конструкций женских швейных изделий по моделям. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.

6. Козлова Е.В., Пleshкова О.М. Формирование требований к проектированию одежды для людей передвижения // Швейная промышленность. – 2007.

7. Приходченко О.В. Разработка и исследование адапционной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями. Дис...канд. техн. наук. – 2007.

8. Савченков И.Е. Проектирование одежды на фигуры инвалидов с патологическими изменениями опорной поверхности и осанки: Дис...канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2005.

2. Razdomakhin N.N. Aspects of anthropometric provision of clothing: analysis of the mutual disposition of the anthropometric points of the human figure of the same name // Sewing industry. – 2006.

3. Kornilova N.L., Gorelova A.E., Smirnitsky A.V. Three-dimensional design of tight-fitting clothing for an individual consumer // Sewing industry. – 2013. № 1.

4. Savelyeva N.Yu., Savelyeva A.A., Gnezdilova V.B., Kurenova S.V. Development of a mobile software and technical complex for reconstruction of the LODV image // Materials of the V International Scientific and Practical Conference of the Institute of Service and Entrepreneurship (branch) Don State Technical University. – Shakhty: Publishing House of ISOiP (f) DSTU, 2015.

5. Matuzova E.M. Development of designs of women's sewing products according to models. – М.: Light and food industry, 1983.

6. Kozlova E.V., O.M. Formation of requirements for the design of clothing for people with disabilities // Sewing industry. – 2007.

7. Prikhodchenko O.V. Development and research of adaptive clothing for people with motor disabilities. Autoref. on the job. Candidate of Technical Sciences in spec.: 05.19.04 Sewing technology, 2007.

8. Savchenkov I.E. Designing clothes for the figures of disabled people with pathological changes in the supporting surface and posture. Autoref. on the job. Candidate of Technical Sciences in spec.: 05.19.04 Technology of sewing products. – St. Petersburg, 2005.

REFERENCES

1. Babenko L.G., Savelyeva N.Yu. Improving the quality of life of people with disabilities in the field of light industry // collection of articles of the International scientific and practical Conference "Innovation Management in modern science". – Samara: Aeterna LLC, 2015.

Поступила 28.09.22.

УДК 331

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_160

УПРАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

MANAGEMENT OF MATERIAL RESOURCES OF A TEXTILE ENTERPRISE

И.Ю. ШАХОВА, С.Н. СПЕРАНСКИЙ, Т. АМАРЖАРГАЛАН

I.YU. SHAKHOVA, S.N. SPERANSKY, T. AMARJARGALAN

**(Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (Ивановский филиал),
Монгольский университет технологии и дизайна, Монголия)**

**(Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov (Ivanovo branch),
Mongolian University of Science and Technology, Mongolia)**

E-mail: shakhova.ira@yandex.ru; spira1971@mail.ru; tamarjargalan@yahoo.com

В статье рассматриваются различные подходы к процессу управления материальными ресурсами текстильного предприятия. Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время многие предприятия текстильной отрасли столкнулись с проблемой дефицита сырья, как одного

из важнейших элементов материальных ресурсов. Грамотное управление материальными запасами и расчет их оптимального количества на складах позволят отечественным предприятиям выдержать конкурентную борьбу на текстильном рынке. Цель данного исследования состоит в разработке предложений по выбору метода управления материальными ресурсами производственного предприятия. В качестве наиболее оптимального рассмотрен логистический подход в управлении материальными ресурсами. Исследование проводилось на базе общества с ограниченной ответственностью "Мига", основным видом деятельности которого является производство и отделка тканей. Проведен анализ динамики движения и структуры материально-производственных запасов в составе оборотных активов исследуемого предприятия за период с 2019 по 2021 годы. Для обоснования рекомендаций по выбору системы управления запасами проведены расчеты показателей оборачиваемости запасов. Предложенные мероприятия позволят предприятию обеспечивать бесперебойность производственного процесса и поддерживать свою конкурентоспособность на рынке текстильной продукции.

The article discusses various approaches to the process of managing the material resources of a textile enterprise. The relevance of the study is due to the fact that nowadays many enterprises of the textile industry are faced with the problem of shortage of raw materials as one of the most important elements of material resources. Competent management of material stocks and calculation of their optimal quantity in warehouses will allow domestic enterprises to withstand competition in the textile market. The purpose of this study is to develop choice proposals of a method for managing the material resources of a manufacturing enterprise. The logistic approach in the management of material resources is considered as the most optimal. The study was conducted on the basis of the Miga Limited liability Company, which main activity is the production and finishing of fabrics. The analysis of movement dynamics and structure of material and production stocks as part of the current assets of the enterprise under study for the period from 2019 to 2021 was carried out. To substantiate the recommendations on the choice of a stock management system, calculations of stock turnover indicators were carried out. The proposed measures will allow the company to ensure the continuity of the production process and maintain its competitiveness in the textile market.

Ключевые слова: материальные ресурсы, управление ресурсами, текстильное предприятие, материальные запасы, логистический подход, размер заказа.

Keywords: material resources, resource management, textile enterprise, inventory, logistics approach, order size.

Получение прибыли всегда будет важнейшей задачей производственного предприятия. Для того, чтобы быть фаворитом на рынке аналогичной продукции и быть конкурентоспособным, ему необходимо организовать оптимальные складскую структуру и систему управления материальными запасами [6], [9].

Производство текстиля относится к категории объектов, нуждающихся в значительных инвестициях. Поэтому они являются важнейшим элементом, определяющим политику экономического субъекта, и серьезным образом влияют на уровень сбыта и логистики. Тем не менее, не все предприятия должным образом относятся к

запасам, недооценивая свои потенциальные нужды в них. Такой подход приводит к еще большим материальным затратам, чем планировалось ранее [11].

Посредством уменьшения всех запасов предприятия, очевидно, можно наблюдать падение связанных с ними издержек и увеличение важного индикатора – оборачиваемость оборотных средств. Таким образом, приведение величины запасов к оптимальному значению является существенной задачей производственного предприятия.

На предприятии должна быть организована политика управления материальными ресурсами. Она заключается в следующем: во-первых, формируются обоснованные нормы запасов; во-вторых, составляются планы по запасам; в-третьих, проводится анализ выполнения планов; в-четвертых, реализуется контроль за исполнением планов; в-пятых, проводится изменение планов в зависимости от результатов анализа.

Основное – это контрольная составляющая. В рассматриваемой логистической системе возможно использование так называемого метода структурирования материальных запасов. В современной хозяйственной практике используются различные методы контроля за ресурсами.

Разнообразные концептуальные методы к обоснованию экономического определения материальных ресурсов свидетельствуют о том, что все они приобретают потребительскую стоимость, как только становятся продуктом производственного процесса. При появлении покупателей они приобретают статус объекта купли-продажи [3], [7].

Материальные запасы — это часть потенциала экономической деятельности [1]. Материалы и продукты, находящиеся в запасе, можно хранить на складе предприятий, можно хранить в пути между предприятиями, можно оплатить и хранить на складе у поставщиков.

По существующей классификации выделяют следующие виды запасов: производственные, готовой продукции, товарные на складах транспортные [5].

Основное требование к рассматриваемой категории: повышение мобильности и оптимальное сокращение запасов. Процесс управления запасами зависит от цели, определенной руководством производственного предприятия [2]. В связи с чем важно четко понимать стратегические ориентиры предприятия. Необходимо четко планировать закупки и знать особенности управления складскими запасами. Поскольку эти основы позволяют удовлетворить запросы потребителей, повысить рентабельность продаж и избежать лишних запасов на складах.

Одним из наиболее приемлемых и эффективных методов управления запасами на текстильных предприятиях, на наш взгляд, являются логистический [10]. Суть его состоит в том, что во внимание принимается не только тенденция снижения материальных запасов, но и организация процесса их обслуживания [4]. Причем, учитывается не только финансовая составляющая данного процесса, но и маркетинговая, связанная с предварительным исследованием рынка (для создания востребованной у потребителей продукции) и продвижением готовой продукции на рынке (целевому потребителю, который будет наиболее выгодным для предприятия) [11], [12]. Таким образом, процесс формирования запасов на предприятии будет зависеть от внешних и внутренних рисков, присущих конкретному текстильному предприятию, и уровня его доходности.

При определении объемов запасов на складе следует учитывать ряд факторов: договорные условия закупки запасов, условия реализации готовой продукции, затраты на заказ и хранение продукции, особенности операционного процесса.

Предлагаемый логистический подход к управлению запасами должен быть организован как взаимодействие определенных звеньев единой цепочки. Так, для текстильного предприятия может быть применена следующая структура модели, позволяющая оптимизировать затраты по хранению и заказ продукции (рис. 1).

Эффективное взаимодействие между элементами логистической цепи обеспечивается управлением полным процессом

производства и реализации продукции из единого центра. Такой подход имеет ряд преимуществ. Во-первых, он позволяет сокращать издержки на те логистические операции, которые выполняются сторонними организациями. Во-вторых, увеличивая степень влияния специализации элементов цепи, обеспечивается мобильность и надежность применяемой системы. И, в-третьих, снижается предпринимательский риск всех участников логистической цепи.

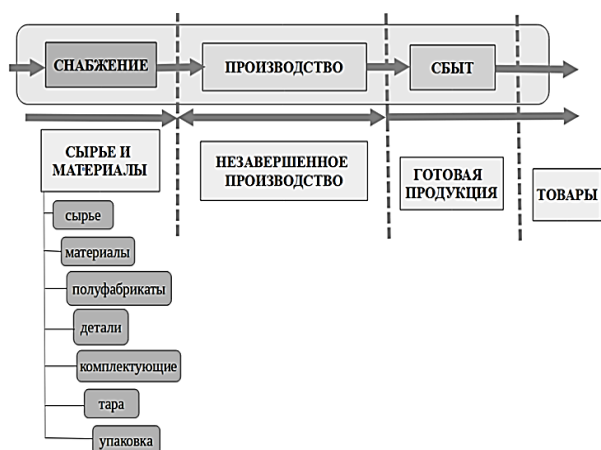


Рис. 1

Исследования проводились на базе общества с ограниченной ответственностью "Мига", основным видом деятельности которого является производство и отделка тканей, за исключением специальных тканей, из химических комплексных нитей.

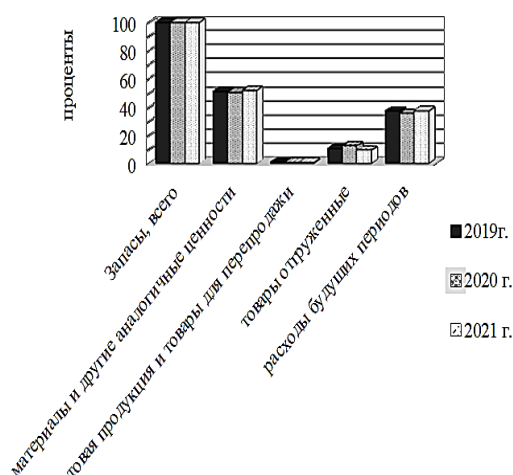


Рис. 2

В основе анализа структуры и динамики материально-производственных запасов (МПЗ) исследуемого предприятия положено изучение таких базовых показателей, как: индекс, темп роста или темп прироста, абсолютный прирост, а также удельный вес элемента запасов по бухгалтерскому балансу. Был сделан вывод, что за весь анализируемый период у предприятия отмечается увеличение материально-производственных запасов.

В целом можно отметить, что ООО "Мига" в настоящее время успешно продает собственную продукцию. За счет хорошей организации производства существует возможность полностью использовать располагаемые сырьевые и материальные запасы и тем самым обеспечить выполнение планов и выполнить договорные обязательства перед покупателями. Структура МПЗ в составе оборотных активов практически не изменяется, запасы достаточно постоянны. Это можно наблюдать на рис. 2 (динамика движения материально-производственных запасов ООО "Мига")

Анализ изменения структуры МПЗ за период с 2019 по 2021 гг. (рис. 3) свидетельствует о явном преобладании статьи "сырье, материалы и другие ценности".

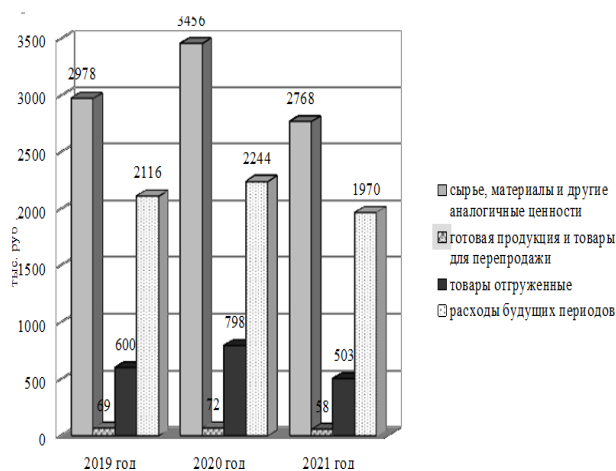


Рис. 3

Для понимания того, насколько эффективно используются предприятием данные группы запасов, были проведены расчеты индикаторов оборачиваемости запасов [2], которые представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	2020 г.	2021 г.	Отклонение	
			абсолютное, тыс. руб.	относительное, %
Средние запасы, тыс. руб.	6008,5	5766	-242,5	95,96
Однодневный ТО, тыс. руб.	145, 74	139,71	-6,03	95,86
Время обращения, дн.	41	41	0	100
Скорость обращения, об.	9	9	0	100

В соответствии с данной таблицей можно отметить, что средние товарные запасы имеют тенденцию к снижению. Время обращения запасов составило 41 день, а скорость обращения средних запасов – 9. Эти показатели за два последующих периода не изменялись.

Таким образом, выявлена необходимость разработки предложений по оптимизации уровня материальных запасов и повышению эффективности управления данной группой оборотных активов для исследуемого предприятия.

С этой целью был определен оптимальный размер запасов рулонов ткани по данным учета затрат ООО "Мига". Приемлемый размер заказа определен по имеющимся исходным данным:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \cdot 1400}{10 \cdot 100 \cdot 15000}} = 65 \text{ (шт.)}$$

Рассмотрены две системы: с фиксированным заказом и с фиксированным интервалом времени. Причем, обе они имеют свои преимущества и недостатки. Так, система с фиксированным размером заказа не учитывает сбои в объеме поставок. В альтернативной системе заказ выдается в определенный момент времени, а его размер должен быть пересчитан таким образом, чтобы поступивший заказ пополнил запас до максимального желательного уровня. Тем самым предприятие избегает дефицита в запасах.

Рассмотрев две системы управления запасами, мы пришли к выводу о существенной документальной трудоемкости системы с фиксированным размером заказа. В то же время максимальный желательный

запас в этой системе всегда будет меньше, чем в системе с фиксированным интервалом времени между заказами. Такая ситуация позволит сэкономить расходы на складское содержание запасов.

В Ы В О Д Ы

Таким образом, на основании проведенных исследований с позиции экономии финансовых ресурсов ООО "Мига" выгоднее использовать систему с фиксированным размером заказа, которая позволяет поддерживать на складах невысокий уровень максимально желательного запаса, что особенно актуально с учетом высокой материалоемкости производства и использования дорогостоящего сырья для производства продукции. При этом организация постоянного мониторинга контроля уровня запаса позволит не только обеспечить бесперебойность операционного процесса, но и положительным образом отразится на формировании конечных финансовых результатов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Приказ Минфина России от 15.11.2019 № 180н "Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 5/2019 "Запасы" (Зарегистрировано в Минюсте России 25.03.2020 №57837) [Электронный источник] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/ (дата обращения 15.05.2022).
2. Крылов А.В., Шахова И.Ю., Тувин А.А., Фомин Ю.Г. Анализ затрат мощности в системе привода валковых модулей машин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 4. С. 128...130.
3. Михайлова К.А., Шахова И.Ю. Особенности поддержки предприятий после пандемии в налоговой сфере // Сб. научн. ст. 11-й Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием: Исследование инновационного потенциала

общества и формирование направлений его стратегического развития. Курск, 30 декабря 2021 года / Редколлегия: М.Г. Клевцова (отв. ред.). – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 300...303.

4. *Осокин М.С., Шахова И.Ю.* Оценка и анализ инвестиционных проектов предприятия // Актуальные вопросы развития современного общества // Сб. научн. ст. 12-й Всерос. научн.-практ. конф. Курск, 21–22 апреля 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 257...260. EDN LBAQAF.

5. *Сафонова С.А.* Финансовое планирование как инструмент обеспечения экономической безопасности субъекта // Сб. ст. Междунар. профессионально-исследовательского конкурса: Экономист года 2020. Петрозаводск, 21 декабря 2020 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства "Новая Наука" (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2020. С.351...364.

6. *Шахова И.Ю., Онопюк Е.Ю.* Трудовой потенциал Ивановской области, как компонент экономической безопасности региона // Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Экономика. – 2022, № 1(51). С. 44...49.

7. *Шахова И.Ю., Сперанский С.Н.* Инвестиционный компонент в экономической безопасности региона: последствия пандемии // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021, №6-1. С. 126-131. DOI 10.17513/vaael.1738.

8. *Лапишинов С.Б., Жукова Я.Э., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т.* Повышение эффективности управления товарными запасами на основе создания статистических моделей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, № 2. С.59...64. DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_59.

9. *Степанова С.М., Голощапова Л.В., Сперанский С.Н., Пахотин Н.Е.* Интегральная оценка экономического потенциала промышленного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 1. С. 5...10. DOI 10.47367/0021-3497_2021_1_5.

10. *Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Темербаатарын А.* Трудовой компонент в экономической безопасности текстильных предприятий Ивановской области // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, № 3. С. 25...32. DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_25.

11. *Егоров В.Н., Шахова И.Ю.* Дистанционное обучение как средство повышения конкурентоспособности вуза (организационно-методический и правовой аспекты) // Теоретическая экономика. – 2018, № 5(47). С. 47...54. EDN YQKILR.

12. *Онопюк Е.Ю., Шахова И.Ю.* Развитие экономики региона как бизнес-экосистемы // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2022, № 1(69). С. 6...11. DOI 10.6060/snt.202269010001. EDN FKSQNT.

13. *Шахова И.Ю., Онопюк Е.Ю.* Экономика региона: анализ региональных программ по экологической безопасности // Изв. вузов. Серия: Экономика, финансы и управление производством. –

2022, №1. С.121...130. DOI 10.6060/ivecofin.2022511.592. EDN HWVND A.

14. *Ефремов Д.Е., Сперанский С.Н.* Геометрические характеристики заправочной линии основы при поступательном перемещении скала по кромштейнам // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, № 1. С. 42.

15. *Уткин А.И., Сперанский С.Н.* Управление доходным потенциалом кластерообразующих предприятий Ивановской области // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 3. С. 14...20.

16. *Крылов А.В., Тувин А.А., Шахова И.Ю., Фомин Ю. Г.* Определение математической модели зависимости потребляемой мощности на привод валкового модуля от факторов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 3. С. 133...135. EDN QYADTM.

17. *Shakhova I.Yu.* The implementation of competence-based approach through business educational structures // Инновационное развитие регионов в условиях глобализации, 03–05 сентября 2015 года Иваново: Ивановский государственный университет. – 2015. С. 314...319. EDN VMIFZN.

18. *Efremov D.E., Speranskii S.N.* Evening-out the warp yarn tension on a loom with a double backrest // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1996, №1. P. 48...51.

19. *Efremov D.E., Speranskii S.N., Pakhotina I.N.* Interaction between the warp yarns and the backrest during complex movement // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2003, № 6. P. 43...46.

20. *Уткин А.И., Сперанский С.Н.* Преодоление последствий международного финансового кризиса как условие улучшения инвестиционного климата рынка страхования жизни Ивановской области // Экономические исследования и разработки. – 2018, № 9. С. 91...97.

REFERENCES

1. Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated 15.11.2019 N 180n "On approval of the Federal Accounting Standard FSB 5/2019 "Reserves" (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 25.03.2020 № 57837) [Electronic source] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/ (accessed 15.05.2022).

2. *Krylov A.V., Shakhova I.Y., Tuvin A.A., Fomin Yu.G.* Analysis of power costs in the drive system of roller modules machines // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 4. P. 128...130.

3. *Mikhailova K.A., Shakhova I.Y.* Features of enterprise support after the pandemic in the tax sphere // Research of innovative potential of society and formation of directions of its strategic development: Collection of scientific articles of the 11th All-Russian Scientific and Practical Conference with international

participation, Kursk, December 30, 2021 / Editorial Board: M.G. Klevtsova (ed.). – Kursk: Southwest State University, 2021. P. 300...303.

4. Osokin M.S., Shakhova I.Y. Evaluation and analysis of investment projects of the enterprise // Topical issues of the development of modern society: Collection of scientific articles of the 12th All-Russian Scientific and Practical Conference, Kursk, April 21-22, 2022. – Kursk: Southwest State University, 2022. P.257...260. EDN LBAQAF.

5. Safonova S.A. Financial planning as a tool for ensuring economic security of a subject // Economist of the Year 2020 : Collection of articles of the International Professional Research Competition, Petrozavodsk, December 21, 2020. – Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya Irina Igorevna), 2020. P. 351...364.

6. Shakhova I.Yu., Onopyuk E.Yu. Labor potential of the Ivanovo region as a component of economic security of the region // Bulletin of the Ivanovo State University. Series: Economics. – 2022, № 1(51). P.44...49.

7. Shakhova I.Yu., Speransky S.N. The investment component in the economic security of the region: the consequences of the pandemic // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2021. No. 6-1. P.126...131. DOI 10.17513/vaael.1738.

8. Lapshinov S.B., Zhukova Ya.E., Speransky S.N., Amarzhargalan T. Improving the efficiency of inventory management based on the creation of statistical models // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, № 2. P. 59...64. DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_59.

9. Stepanova S.M., Goloshchapova L.V., Speransky S.N., Pakhotin N.E. Integral assessment of the economic potential of an industrial enterprise // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 1. P. 5...10. DOI 10.47367/0021-3497_2021_1_5.

10. Shakhova I.Yu., Speransky S.N., Temerbaataryn A. Labor component in the economic security of textile enterprises of the Ivanovo region // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, № 3. P. 25...32. DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_25.

11. Egorov V.N., Shakhova I.Y. Distance learning as a means of increasing the competitiveness of the university (organizational, methodological and legal aspects) // Theoretical economics. – 2018, № 5(47). P. 47...54. EDN YQKILR.

12. Onopyuk E.Yu., Shakhova I.Y. Development of the regional economy as a business ecosystem // Modern high-tech technologies. Regional application. – 2022,

№1(69). P. 6...11. DOI 10.6060/snt.202269010001. EDN FKSQNT.

13. Shakhova I.Yu., Onopyuk E.Yu. The economy of the region: analysis of regional programs on environmental safety // Izvestiya of higher educational institutions. Series: Economics, Finance and Production Management. – 2022, № 1(51). P. 121...130. DOI 10.6060/ivecofin.2022511.592. EDN HWVNDA.

14. Efremov D.E., Speransky S.N. Geometric characteristics of the filling line of the base during the translational movement of the rock along the brackets // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1997, № 1. P. 42.

15. Utkin A.I., Speransky S.N. Management of the revenue potential of cluster-forming enterprises of the Ivanovo region // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 3. P. 14...20.

16. Krylov A.V., Tuvina A.A., Shakhova I.Yu., Fomin Yu.G. Determination of the mathematical model of the dependence of the power consumption on the drive of the roller module on factors // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 3. P. 133...135. EDN QYADTM.

17. Shakhova I.Yu. The implementation of competence-based approach through business educational structures // Innovative development of regions in the context of globalization, 03-05 September 2015. Ivanovo: Ivanovo State University. – 2015. P.314...319. EDN VMIFZN.

18. Efremov D.E., Speranskii S.N. Evening-out the warp yarn tension on a loom with a double backrest // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1996. Vol. 6. P. 48...51.

19. Efremov D.E., Speranskii S.N., Pakhotina I.N. Interaction between the warp yarns and the backrest during complex movement // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2003, No 6. P. 43...46.

20. Utkin A.I., Speransky S.N. Overcoming the consequences of the international financial crisis as a condition for improving the investment climate of the life insurance market of the Ivanovo region // Economic research and development. – 2018, № 9. P. 91...97.

Рекомендована кафедрой экономики и прикладной информатики РГУ имени Г.В. Плеханова (Ивановский филиал). Поступила 20.09.22.

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ-ОБРАЗА
НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ "ОНЛАЙН-КОНСТРУКТОРА"
В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ АКСЕССУАРОВ**

**COMPUTER- AIDED DESIGN OF THE MODEL-IMAGE
BASED ON THE PRINCIPLES OF THE "ONLINE CONSTRUCTOR"
IN THE PRODUCTION OF PERSONALIZED ACCESSORIES**

Е.А. КОВАЛЬ, Ю.С. КОНАРЕВА, В.В. КОСТЫЛЕВА, О.В. СИНЕВА, А.И. КАРАСЕВА
E.A. KOVAL, YU.S. KONAREVA, V.V. KOSTYLEVA, O.V. SINEVA, A.I. KARASEVA

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

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

E-mail: rgukaspirant@mail.ru

В статье приведен анализ моделей женских сумок от известных торговых марок, позволивший определить их характерные признаки: пропорции, размеры, формы деталей и материалы. В конструкциях современных сумок особое внимание уделяется дополнительным наружным деталям, роль которых значительна как в дизайне изделий, так и при эксплуатации.

Целью исследований является разработка и развитие художественного онлайн-проектирования, а также интеллектуализации процесса автоматизированного проектирования в производстве персонафицированных моделей сумок.

В работе представлена классификация такой дополнительной наружной детали сумки, как карманы. Показана возможность визуализации персонафицированной модели сумки, выполненной на основе принципов "онлайн-конструктора", позволяющего удаленно осуществлять автоматизированное проектирование аксессуаров с использованием сформированной базы данных дополнительных наружных деталей.

The article presents an analysis of models of women's bags from well-known brands, which allowed us to determine their characteristic features: proportions, sizes, shapes of parts and materials. In the designs of modern bags, special attention is paid to additional external details, the role of which is significant both in the design of products and during operation.

The purpose of the research is design and development of artistic online design, as well as the intellectualization of the computer-aided design process in the production of personalized bag models.

The paper presents the classification of such an additional external part of the bag as pockets. The possibility of visualizing a personalized bag model made on the basis of the principles of the "online designer", which allows remote automated design of accessories using the generated database of additional external parts, is shown.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, онлайн-конструктор, модель-образ, персонафицированная модель, карманы, сумки, классификация.

Keywords: computer-aided design, online constructor, image model, personalized model, pockets, bags, classification.

Сумка – это не просто повседневный аксессуар, а необходимый предмет, без которого сложно представить активного человека в современном динамичном мире. Грамотно подобранная модель, как часть костюма и гардероба в целом, выполняет не только роль изделия для переноса и хранения необходимых предметов, но и визуально дополняет образ. Сумка должна хорошо сочетаться с различными предметами гардероба, учитывать особенности внешнего вида и предпочтения владельца, а также быть удобной в эксплуатации.

В работе проведены исследования, связанные с анализом полученных из открытых источников данных в виде изображений женских сумок, по которым можно судить об их конструкции. Проанализированы коллекции женских сумок сезона 2021/22 года трех специализированных интернет-магазинов: "Rendez-vous", "Sumochka" и "Lopatnik", объединяющих несколько торговых марок.

Обзор модных тенденций в группе женских сумок показал, что бренды предлагают обновление уже имеющихся, популярных у потребителя моделей. При разработке абсолютно новых аксессуаров производители делают акцент на необычные пропорции, размеры, формы, наличие деталей и материалы [1].

В условиях развития цифровой экономики и распространения цифровой трансформации на большинство областей промышленности процесс проектирования кожгалантерейных изделий немислим без использования специализированных программных продуктов [2].

Автоматизированное проектирование с использованием новых информационных технологий на стадии эскизной разработки позволяет модельеру создавать дизайн-проект изделия и с помощью инструментов визуализации [3...5] прогнозировать некую модель-образ.

Разработка базовых конструкций изделий в сочетании с дополнительными наружными деталями является актуальным

приемом художественного проектирования в условиях цифровизации производственных процессов. Существенное влияние на ассортиментное многообразие моделей сумок оказывают такие дополнительные наружные детали, как карманы, ручки и ручкодержатели и пр., различающиеся по своему функциональному назначению, но благодаря которым аксессуары отвечают направлению моды, стилевому оформлению и обуславливают удобство эксплуатации изделия [6].

Кроме того, такой подход способствует развитию актуального сегодня художественного онлайн-проектирования в производстве персонифицированных моделей сумок и расширению ассортимента за счет использования принципов унификации и модульного проектирования (рис. 1) [7], [8].



Рис. 1

Онлайн-проектирование позволяет удаленно разрабатывать дизайн-проекты аксессуаров в программе 3D-моделирования. База данных онлайн-сервиса предлагает выбрать материал, нужные детали или модули, установить размеры изделия и варианты его отделки. Специализированный онлайн-конструктор сможет дать рекомендации по выбору материалов или учесть особенности при проектировании конкретной типичной конструкции.

Для пополнения информационного обеспечения, предназначенного осуществлять художественное онлайн-проектирование аксессуаров, нами выделены критерии, которые определяют и систематизируют

классификационные признаки, характеризующие конструктивные особенности карманов (рис. 2).

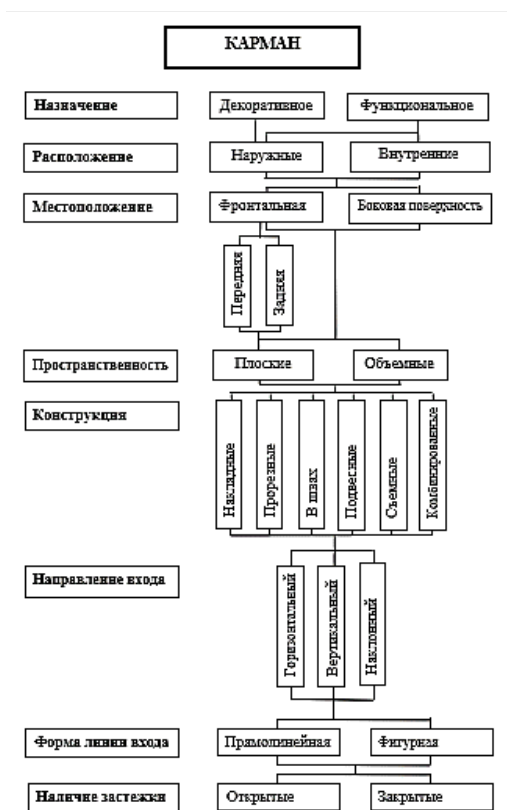


Рис. 2

Карман – это деталь или узел изделия для хранения предметов и оформления изделия. В современных сумках по месту расположения карманы подразделяют на наружные и внутренние, среди которых можно выделить следующие конструкции: накладные, прорезные, в швах, подвесные, съемные, комбинированные, различающиеся по степени пространственности на плоские и объемные. Также карманы можно разделить по наличию застежки: открытые (без застежки) и закрытые; направлению линии входа в карман: горизонтальные, вертикальные, наклонные; форме входа: прямолинейная или фигурная.

Карман выполняет важную функцию, вмещая в себя различные предметы. Карманы в аксессуарах влияют на их внешнее оформление в целом, поэтому по своим формам и размерам они не должны подбираться случайно.

Форма и размер карманов могут быть самыми различными, но при их разработке необходимо принимать во внимание как декоративное, так и функциональное назначение.

Таким образом, нами выделены и систематизированы отличительные характеристики карманов женских сумок, приведенные к виду классификации (рис. 2), которые дополняют банк данных для организации творческой работы специалистов отрасли и потребителей, ориентированных на персонализированные продукты.

ВЫВОДЫ

Методы автоматизированного проектирования кожгалантерейных изделий, благодаря трансформации проектной информации в цифровую форму, осуществляемой посредством создания баз данных (баз знаний), позволяют алгоритмизировать практический опыт проектирования.

Пополнение информационного обеспечения способствует развитию интеллектуализации процесса автоматизированного проектирования конструкций аксессуаров, основанного на художественных конструктивных элементах, конвертируемых в материальный проект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плотникова А.А., Конарева Ю.С. Анализ актуальных модных тенденций женских сумок // Сб. мат. Всерос. научн. конф. молодых исследователей с международным участием: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности. Часть 1. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2022. С.235...237.
2. Муртазина А.Р., Разин И.Б., Костылева В.В., Миронов В.П. Применение информационных технологий в системах автоматизированного проектирования изделий легкой промышленности. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2019.
3. Гетманцева В.В., Белгородский В.С., Андреева Е.Г. Концепция интеллектуализации проектирования в индустрии моды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, № 2. С.140...146.
4. Гусев А.О., Костылева В.В., Разин И.Б. Облачные технологии и САПР в индустрии моды // В сб. ст. Всерос. научн.-техн. конф.: Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и ас-

пекты технологий текстильной и легкой промышленности / Под ред. Л. Н. Абуталиповой. – 2019. С.277...279.

5. Murtazina A.R., Kostyleva V.V., Razin I.B., Gusev A.O., Sineva O.V. New conceptual solutions for the footwear industry digitalization. In the collection: AIP Conference Proceedings. Ser. "International Conference on Textile and Apparel Innovation, ICTAI 2021" 2022. P. 090003..

6. Швец В.А., Конарева Ю.С. Анализ компоновочных решений формообразования "сумки-конструктор" // В сб. научн. тр.: Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии. – М., 2018. С.238...244.

7. Конарева Ю.С., Костылева В.В., Максимова И.А., Литвин Е.В., Карасева А.И., Синева О.В. Концепция художественного онлайн-проектирования кастомизированных аксессуаров на основе принципов осознанной моды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, № 2. С.279...284.

8. Плотникова А.А., Конарева Ю.С. Эволюция конструкций карманов и их классификационные признаки в одежде и аксессуарах, инновации и технологии к развитию теории современной моды "МОДА (Материалы. Одежда. Дизайн. Аксессуары)", посвященная Федору Максимовичу Пармону // Сб. мат. I Междунар. научн.-практ. конф. Часть 2. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2021. С.196...200.

REFERENCES

1. Plotnikova A.A., Konareva Yu.S. Analysis of current fashion trends of women's bags. Innovative development of machinery and technologies in industry: a collection of materials of the All-Russian Scientific Conference of Young researchers with international participation. Part 1. – Moscow: Kosygin Russian State University, 2022. P. 235...237

2. Murtazina A.R., Razin I.B., Kostyleva V.V., Mironov V.P. Application of information technologies in systems of automated design of light industry products. – М.: FSUE VO "A.N. Kosygin Russian State University", 2019.

3. Getmantseva V.V., Belgorodsky V.S., Andreeva E.G. The concept of intellectualization of design in the fashion industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, No. 2. P. 140...146.

4. Gusev A.O., Kostyleva V.V., Razin I.B. Cloud technologies and CAD in the fashion industry. In the collection: Fundamental and applied problems of materials creation and aspects of textile and light industry technologies. Collection of articles All-Russian Scientific and Technical Conference. edited by L. N. Abutalipova. 2019. P. 277...279.

5. Murtazina A.R., Kostyleva V.V., Razin I.B., Gusev A.O., Sineva O.V. New conceptual solutions for the footwear industry digitalization. In the collection: AIP Conference Proceedings. Ser. "International Conference on Textile and Apparel Innovation, ICTAI 2021" 2022. P. 090003.

6. Shvets V.A., Konareva Yu.S. Analysis of layout solutions for shaping "designer bags". In the collection: Technology, design, science, education in the context of inclusion. Collection of scientific papers. – М., 2018. P.238...244.

7. Konareva Yu.S., Kostyleva V.V., Maksimova I.A., Litvin E.V., Karaseva A.I., Sineva O.V. The concept of artistic online design of customized accessories based on the principles of conscious fashion // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, No. 2. P.279...284.

8. Plotnikova A.A., Konareva Yu.S. Evolution of pocket designs and their classification features in clothing and accessories, innovations and technologies for the development of the theory of modern fashion "FASHION (Materials. Clothes. Design. Accessories)", dedicated to Fyodor Maximovich Parmon: A collection of materials of the I International Scientific and Practical Conference. Part 2. – Moscow: Kosygin Russian State University, 2021. P.196...200.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологий изделий из кожи. Поступила 30.09.22.

УДК 677.025

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_171

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ ДВУХФОНТУРНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ МАШИИ
ДЛЯ ВЯЗАНИЯ ВЕРХА ОБУВИ**

**POSSIBILITIES OF DOUBLE KNITTING MACHINES
FOR PRODUCING OF SHOE UPPERS**

Н.Р. ХАНХАДЖАЕВА, Д.У. ХАМИДОВА, Р.Б. ЕРМАТОВ, М.М. АБДУРАХИМОВА

N.R. KHANKHADJAEVA, D.U. KHAMIDOVA, R.B. YERMATOV, M.M. ABDURAKHIMOVA

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan)

*E-mail: nilufar.khankhadjaeva@bk.ru; dilyaz88@mail.ru; rustamreg44@gmail.com;
kholkhodjaevamaftunakhon@gmail.com*

В данной статье изучены исследовательские работы, посвященные разработке трикотажных изделий функционального назначения. Рассмотрены возможности получения верха обуви на плосковязальных машинах. Исследовались технологические возможности плосковязальных машин LONG XING, предназначенных для вязания изделий и купонов (готовых изделий) из трикотажа. Разработаны 5 вариантов новых структур трикотажных переплетений. Проведен эксперимент образцов. Определены технологические параметры и физико-механические свойства. Все результаты эксперимента введены в таблицу. Также в статье приведен анализ изменений параметров и свойств. Даны необходимые рекомендации по применению новых вариантов структур трикотажа. Варианты образцов рекомендованы для верха обуви при изготовлении спортивного и летнего ассортимента.

In this article, research works devoted to the development of knitwear for functional purposes are studied. The possibilities of obtaining the upper shoes on flat knitting machines are considered. The technological capabilities of LONG XING flat knitting machines, designed for the manufacture of knitwear and coupons (finished products) were studied. Five variants of new structures of knitted structures have been developed. An experiment of samples was carried out. Technological parameters and physical and mechanical properties are determined. All experimental results are added to the table. The article also provides an analysis of changes in parameters and properties. The necessary recommendations on the use of new variants of knitwear structures are given. Sample options are recommended for uppers in manufacturing of sports and summer assortment.

Ключевые слова: трикотаж, переплетение, плосковязальная машина, технологический параметр, свойство, поверхностная плотность, объемная плотность, деформация, трикотаж для верха обуви.

Keywords: knitwear, structure, flat knitting machine, technological parameter, property, surface density, volume density, deformation, knitting for shoe upper.

Введение

Опережающими темпами развивается производство трикотажных изделий, применяются новые технологии и расширяется ассортимент трикотажа. В источнике [1] приводятся различные способы производства трикотажных изделий, также уделяется внимание цельновязаным спортивным трикотажным изделиям. Рекомендуется различный вид оборудования и раскрыта широкая технологическая возможность непрерывного вязания купонов изделия. Подробно изложена технологическая возможность плосковязальных машин STOLL и SHIMA-SEIKI. Также имеются научные труды ученых [2...4], в которых всесторонне описан принцип работы таких машин. Возможность вязания цельновязаных изделий и сокращение отходов до минимума также увеличивает интерес к таким машинам. В условиях Узбекистана в промышленности, торговле и сфере услуг настоятельно требуется выпуск трикотажных изделий, сочетающих высокую технологичность и низкую себестоимость с хорошими потребительскими свойствами. Поэтому решение вышеуказанных проблем в технологии трикотажного производства приобретает особое значение и является необходимым.

Одна из тенденций преобразования современного промышленного производства, вызванного изменением спроса населения – постоянное сокращение удельного веса однотипных видов изделий массового производства и одновременный рост доли изделий мелкосерийного производства.

Для продолжения исследований изучены несколько источников в сети интернет, где расположена информация по направлению вязания трикотажа на плоско-

вязальных машинах для верха обуви при изготовлении спортивного и летнего ассортимента.

В компании "Адвентум Технолоджис" используют мембранные материалы для обуви [5]. Для спортивной обуви, обуви сферы аутдор или технической (спецобуви) используются уже синтетические материалы, которые обладают более высокими эксплуатационными характеристиками: быстрее высыхают, имеют более легкий вес, лучше защищают от воды, ветра, холода и не подвержены биологическим воздействиям (плесени, моли и т. п.), в сравнении с натуральными.

В источнике приводится технология вязания верха обуви с использованием кругловязальных машин [6]. Вяжется переплетение с прокладыванием уточной нити, используя два вида сырья: шерстяную пряжу и полипропиленовую с образованием различной разновидности узора на изделии. Одна из нитей – натуральное сырье, а другая – синтетическая, использована для придания объема. В следующем источнике [7] также приведена информация о вязании верха обуви на кругловязальных машинах. По сравнению с основовязальными машинами кругловязальные машины создают материал верха обуви, который обеспечивает лучшую воздухопроницаемость, больше возможностей для дизайна и меньше отходов. Большинство материалов верха обуви изготавливается из пористой и рыхлой структуры трикотажа. Это невероятно дышащая структура, которая хорошо рассеивает тепло и влагу благодаря 3D-структуре, которая соединяет два слоя переплетений с пряжей таким образом, что создает воздушный поток. Изучен еще один источник [8], в котором раскрывается про-

цесс изготовления обувных изделий с трикотажным верхом. Верх формируется в процессе вязания и включает несколько участков, изготовленных из разного вида сырья и переплетения, чтобы обеспечить участки с разными физическими свойствами. В тех частях верха, где участки, образованные из разного вида сырья, находятся в разных столбиках, для соединения участков, используется прессовая петля с набросками. В этом способе используется многосистемная кругловязальная машина, которая работает так, чтобы связать бесшовную структуру верха обуви. Вязальная система, где каждая из систем обеспечивается несколькими видами сырья, вяжет участки с различными физическими свойствами. Следует отметить, что при вязании верха обуви на кругловязальных машинах используется кроеный способ, а в процессе раскрытия увеличивается процент отходов, что влияет на себестоимость продукции.

Конечно, вязанный верх обуви сейчас развивается в новых направлениях [9]. Естественные дышащие модели в сочетании с эластичными и нерастяжимыми волокнами открывают новые возможности для технологов и дизайнеров обуви. С этой целью Shima Seiki [10] продемонстрировала новейшие применения компьютеризированной технологии плосковязальных машин, чтобы продемонстрировать свой вклад в эту область. Также компания Stoll вступает в проект по радикальному сокращению сроков разработки и производства обуви [11]. Оптимизация, дальнейшие разработки и инновации являются неотъемлемой частью деятельности STOLL [12]. Лидер отрасли в области технологии плоского вязания недавно представил новое предложение в виде определенных инновационных пакетов. Цель здесь состоит в том, чтобы сделать высокую инновационную силу STOLL еще более очевидной и позволить клиентам быстрее извлечь из нее выгоду. Все разработанные решения могут быть легко интегрированы в существующие машины STOLL.

Проведенный выше анализ источников показывает, что данное направление технологии трикотажа является актуальным и

перспективным в Узбекистане. Следует продолжать и развивать исследования, изучая и используя технологические возможности плосковязальных машин, установленных на производственных предприятиях Республики.

Методы

На кафедре технологии текстильных полотно ведутся исследовательские работы, связанные с изучением и расширением технологических возможностей современных трикотажных машин. Компьютерная оснащённость машин позволяет осуществить индивидуальный отбор игл при создании раппорта переплетений, используя различные цвета и виды сырья, а также размер и форму создаваемого узора. При вязании трикотажных переплетений отбор игл или других рабочих органов на вязальных машинах осуществляется в заранее установленной последовательности с разными целями, например, для полного петлеобразования, для получения прессовых набросков, для обеспечения нерабочего положения игл или для переноса петель. Способ отбора игл определяет характер и раппортные возможности образуемой структуры переплетения и обеспечивается соответствующими конструкциями механизмов отбора, применяемых на вязальных машинах.

Исследования проводились на плосковязальных машинах LONG XING [13]. Плосковязальные машины предназначены для изготовления деталей и купонов (готовых изделий) из трикотажа. Широкие функциональные возможности позволяют создавать эксклюзивные изделия и значительно расширяют возможности производственных мощностей на предприятии. Плосковязальная автоматическая машина может выполнять следующие виды вязания: гладкое, жаккардовое, перенос петли, интарзия. Сдвиг игольницы управляется сервомотором, максимальный сдвиг 2" влево или вправо. Имеется автоматическая аварийная остановка машины и подача звукового сигнала в случае разрыва нити, повреждения иглы, ошибки в программе. Шаблоны могут быть загружены на USB диск и сохранены в память машины. Удобство при эксплуатации и обслуживании в том, что

напряжение 220 В, русский интерфейс, программа создания шаблона в комплекте.

Преимущества плосковязальных машин LONG XING – машины оснащены сенсорным дисплеем, который позволяет сделать более удобным ввод и корректировку дизайна, а также получить всю информацию о параметрах через интерфейс на русском языке. Каретка из облегченного стального сплава позволяет обеспечить высокую эффективность вязания, а функция интарзии позволяет создавать рисунки любой сложности. Высокоэффективные датчики в процессе вязания позволяют обнаружить повреждение иглы, обрыв нити и другие неисправности системы.

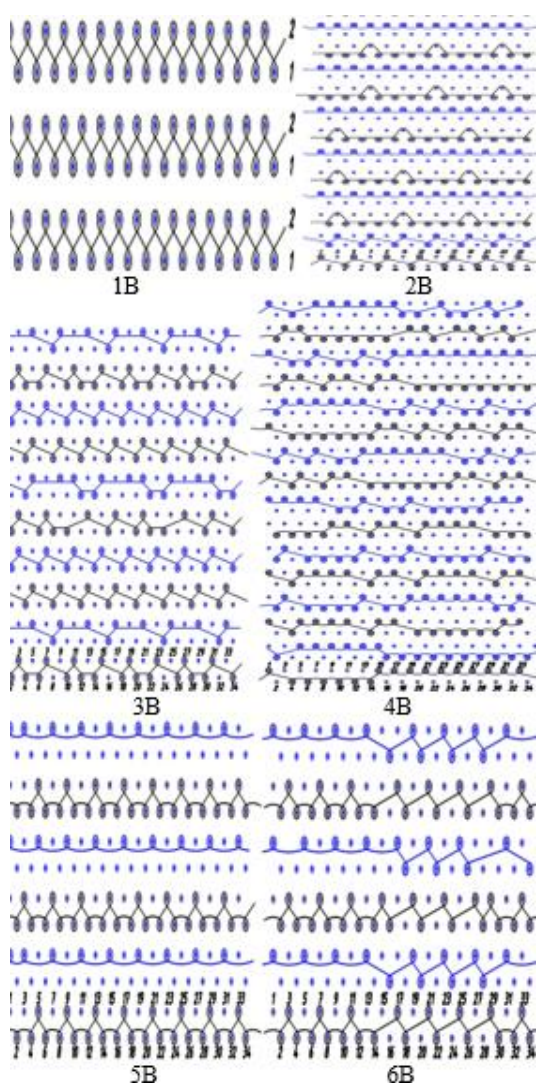


Рис. 1

Разработаны и выработаны образцы трикотажных переплетений на плосковязальной машине LONG XING. На рис. 1

представлена графическая запись, на рис. 2 программное обеспечение Вариантов 1-6. Программа составлена из элементов петельной структуры, которые участвуют в раппорте структуры. Для всех вариантов составлена графическая запись, по которой видно, в каком ряду какая игла получает нить.

Также наглядно видно, в каком ряду какой элемент петельной структуры образуется. Поэтому при составлении программы несложно определить, где и каким образом образуется тот или иной элемент, будь это петля, полупетля, набросок или прессовая петля.

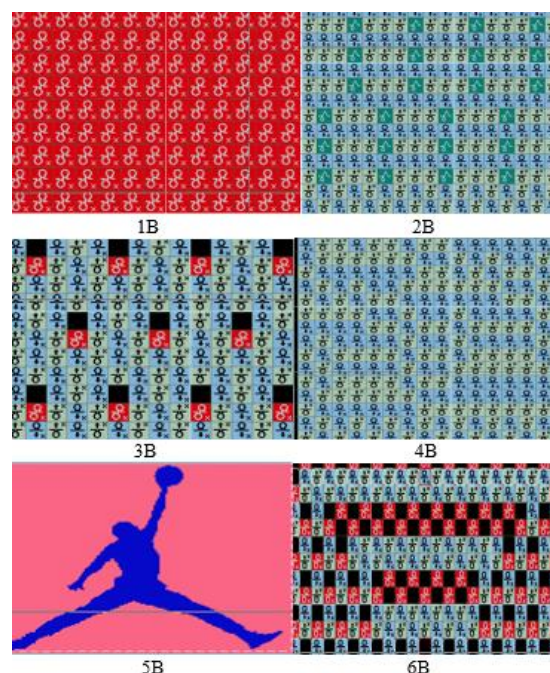


Рис. 2

В качестве базового выработан Вариант 1 переплетением ластик. Для всех образцов определены технологические параметры и физико-механические свойства. В табл. 1 и 2 приведены результаты испытаний выработанных образцов вариантов с различным раппортом. На поверхности полотна образуется определенный эффект за счет введения дополнительных элементов петельной структуры путем отбора игл в игольнице машины.



Результаты и обсуждения

Результаты испытаний приведены в табл. 1 и 2. По результатам испытаний видно, что изменение структуры трикотажа

привело к изменению петельного шага и высоты петельного ряда в среднем на 25%. Плотность по горизонтали также меняется приблизительно в такой же пропорции. Заметное изменение наблюдается в плотности по вертикали.

Т а б л и ц а 1

Варианты	1	2	3	4	5	6
Петельный шаг А, мм	1,66	1,1	1,42	1,25	1,42	1,42
Высота петельного ряда В, мм	1	0,71	0,71	0,76	1,11	0,90
Плотность по горизонтали P_g	30	45	35	40	35	35
Плотность по вертикали, P_v	25	70	70	65	45	55
Длина нити в петле, мм	5,30	4,28	4,3	4,8	4,9	4,6
Поверхностная плотность M_s , г/м ²	650	898	899,5	906,6	868,6	712,9
Толщина Т, мм	1,4	1,8	1,85	1,9	1,85	1,6
Объемная плотность δ , мг/см ³	464,2	498	485,9	477,1	469,5	445,5

По сравнению с Вариантом 1 плотность по вертикали увеличивается в 2...3 раза. Это связано со структурой переплетений, которая отличается от базового Варианта 1, так как введены в структуру трикотажа дополнительные элементы. По графическим записям видно, что в раппорте переплетения имеются полупетли-наброски, удлиненные протяжки. Согласно раппорту имеются пропущенные иглы, в которых не образованы петли в определенных рядах. Такая технологическая последовательность приведет к изменению технологических параметров, что и наблюдается в результатах (табл.1). Длина нити в петле также меняется в зависимости от раппорта переплетений. По сравнению с базовым вариантом длина нити в петле меняется 7...19%, в новых разработанных вариантах – в пределах до 13%. Поверхностная плотность базового варианта составляет 650 г/м², в новых разработанных вариантах этот показатель увеличивается в пределах 712,9...906,6 г/м². Объемная плотность базового переплетения составляет 464,2 мг/см³, а в остальных вариантах этот показатель меняется в пределах 445,5...498 мг/см³ (рис. 3, где  -поверхностная плотность M_s (г/м²) ;  -объемная плотность δ (мг/см³)). Толщина новых разработанных вариантов увеличена по сравнению с базовым. Следует отметить,

что с увеличением толщины трикотажа показатель объемной плотности снижается. Это означает, что уменьшается расход сырья на единицу продукции при сохранении качественных показателей изделия.

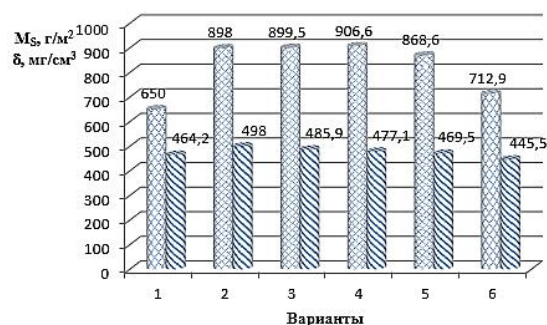


Рис. 3

Результаты испытаний физико-механических свойств приведены в табл. 2. По результатам таблицы видно, что воздухопроницаемость образцов, кроме Варианта 6, уменьшается приблизительно вдвое, которому способствовали дополнительно введенные в структуру элементы, заполняя пространство пористой структуры трикотажа. Заполненность пространства имеет значение при дальнейшей переработке полуфабриката для придания водоотталкивающих свойств, вследствие которого его можно будет рекомендовать для ассортимента осенне-весенней обуви. Разрывная нагрузка имеет хорошие показатели как по длине (908...1018 N), так и по ширине (826...981 N), что характеризует более высокий показатель прочности трикотажа. Результаты разрывного удлинения являются более интересными. Разрывное удлинение вариантов по длине имеет небольшие показатели, которые близки по значению к базовому переплетению и в переплетениях меняются в пределах 8...24%, что означает более высокую формоустойчивость разработанных вариантов по длине. Показатели разрывной нагрузки по ширине также близки к показателям по длине и уменьшены в 2...4 раза (12...36%) по сравнению с базовым переплетением по ширине (68%), что также характеризует высокую формоустойчивость образцов трикотажа по ширине. Если проанализировать результаты испытаний по растяжимости (показатель

удлинения при нагрузке 6 N), то следует обратить внимание, что образцы трикотажа почти не растягиваются по длине, так как все значения близки к нулю. Показатель



растяжимости базового варианта по ширине составляет 46%, а в остальных вариантах она колеблется в пределах 4...21%, что в 2...5 раз меньше по сравнению с базовым.

Т а б л и ц а 2

Варианты		1	2	3	4	5	6	
Воздухопроницаемость, В (см ³ /см ² с)		100,8	40,9	58,3	61,9	42,5	104,7	
Разрывная нагрузка Р (N)	По длине	1018	1000	1000	986	1000	908	
	По ширине	826	931	944	921	981	836	
Разрывное удлинение L (%)	По длине	18	14	11	24	8	16	
	По ширине	68	18	14	36	12	29	
Растяжимость, % (6 N)	По длине	0,1	0,08	0,06	0,15	0,05	0,1	
	По ширине	46	9	11	16	4	21	
Устойчивость к истиранию, тыс. об.		30000	30000	30000	30000	30000	30000	
Деформация % (при 5% от разрывной нагрузки)	По длине	Обратимая	92	95	92	92	91	84
		Необратимая	8	5	8	8	9	16
	По ширине	Обратимая	95	91	97	95	89	86
		Необратимая	5	9	3	5	11	14

Все вышеперечисленные и проанализированные свойства разработанных новых образцов с улучшенными показателями прочности, удлинения и растяжимости могут рекомендоваться для использования в необходимой сфере изготовления изделий из трикотажа с функциональным назначением.

Из таблицы видно, что у всех вариантов трикотажа высокая устойчивость к истиранию, которая зависит больше от вида сырья, чем от структуры переплетения. В данном случае высокая устойчивость к истиранию достигнута в основном за счет применения синтетического сырья ПЭ.

В процессе исследования определены деформационные свойства образцов. На рис. 4 представлены диаграммы изменений деформационных свойств, показана обратимая  и необратимая  деформация вариантов по длине и ширине. Следует отметить, что образцы имеют удовлетворительные показатели обратимой деформации, как по длине, так и по ширине. Максимальный показатель обратимой деформации по длине имеет Вариант 2 – 95%, по ширине Вариант 3 – 97%, максимальный показатель необратимой деформации по длине – 16% и по ширине – 14% имеет Вариант 6.

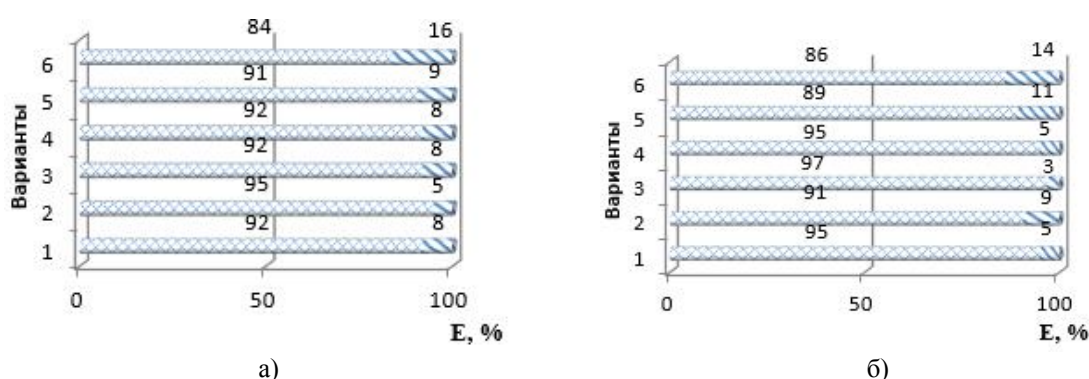


Рис. 4

ВЫВОДЫ

На современном этапе технологии и производства изделий из трикотажа актуальным направлением исследований явля-

ется не только трикотаж повседневного и бытового назначения, но и трикотаж специального функционального назначения. В последнее время многими учеными проводятся исследования по разработке структур

трикотажа со специальными свойствами, например, для технического трикотажа, медицинского трикотажа и т.д. В данной исследовательской работе разработаны несколько вариантов структур трикотажа, предназначенные для использования в верхней части обуви. Разработанные новые варианты образцов трикотажа изучены по технологическим параметрам и физико-механическим свойствам. Новые варианты образцов следует рекомендовать для использования при изготовлении легкой летней или весенней обуви.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Spenser D.* Comprehensive handbook of knitting technology. Textbook – USA Woodhead Publishing LTD 2001.
2. *Строганов Б.Б.* Процессы вязания и механизмы нового плосковязального автомата 848-E7 фирмы "Универсал". – М.: РосЗИТЛП, 2007.
3. *Строганов Б.Б.* Процессы вязания и механизмы нового плоскофангового автомата SES122CS фирмы "SHIMA-SEIKI". – М.: РосЗИТЛП, 2008.
4. *Hanhadjaeva N., Mukimov M.* "New Knitting Fabric Structure Made on Flat-Bed Knitting Machine" The Second International Symposium on Educational Cooperation for "Industrial Technology Education" 4.07-6.07.2008y p.353-364.
5. <https://getsiz.ru/membrannye-materialy-v-obuv-dlya-raboty-i-sporta.html>
6. <https://www.woolmark.com/industry/use-wool/product-innovations/wool-knitted-upper/>
7. <https://www.indiantextilemagazine.in/circular-knitting-machines-most-ideal-to-make-shoe-uppers/>
8. <https://patents.google.com/patent/US6931762B1/en>
9. <https://www.sneakerfactory.net/2020/04/knit-shoe-construction/>
10. <https://www.knittingindustry.com/knitted-fabrics-for-shoes-to-fit-all-occasions/>

11. <https://www.knittingindustry.com/german-companies-partner-in-knitted-shoe-solution/>
12. <https://www.indiantextilemagazine.in/innovations-and-optimizations-go-hand-in-hand-at-stoll/>
13. <http://www.imatex.ru/equipment/longxing>

REFERENCES

1. *Spenser D.* Comprehensive handbook of knitting technology. Textbook – USA Woodhead Publishing LTD 2001.
2. *Stroganov B.B.* Knitting processes and mechanisms of new flat knitting automate UNIVERSAL 848-E7. – M: RosZITLP. 2007.
3. *Stroganov B.B.* Knitting processes and mechanisms of new flat knitting automate SHIMA-SEIKI SES122CS. – M: RosZITLP. 2008.
4. *Hanhadjaeva N., Mukimov M.* "New Knitting Fabric Structure Made on Flat-Bed Knitting Machine" The Second International Symposium on Educational Cooperation for "Industrial Technology Education" 4.07-6.07.2008y p.353-364.
5. <https://getsiz.ru/membrannye-materialy-v-obuv-dlya-raboty-i-sporta.html>
6. <https://www.woolmark.com/industry/use-wool/product-innovations/wool-knitted-upper/>
7. <https://www.indiantextilemagazine.in/circular-knitting-machines-most-ideal-to-make-shoe-uppers/>
8. <https://patents.google.com/patent/US6931762B1/en>
9. <https://www.sneakerfactory.net/2020/04/knit-shoe-construction/>
10. <https://www.knittingindustry.com/knitted-fabrics-for-shoes-to-fit-all-occasions/>
11. <https://www.knittingindustry.com/german-companies-partner-in-knitted-shoe-solution/>
12. <https://www.indiantextilemagazine.in/innovations-and-optimizations-go-hand-in-hand-at-stoll/>
13. <http://www.imatex.ru/equipment/longxing>

Рекомендована кафедрой технологии текстильных полотен. Поступила 21.09.22.

УДК 539.434:677.494

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_178

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕРМОВЯЗКОУПРУГОСТИ
ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛОГИИ***

**PREDICTION OF THERMOVISCOELASTICITY
POLYMERIC TEXTILE MATERIALS
BASED ON THE THERMO-DEFORMATION-TIME ANALOGY**

Н.В. ПЕРЕБОРОВА

N.V. PEREBOROVA

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: ninal332@yandex.ru

В статье рассматривается прогнозирование деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов в условиях переменной температуры. Сложность указанного прогнозирования заключается в том, что для математического моделирования деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов в условиях переменной температуры нельзя пользоваться традиционными математическими моделями для изотермических процессов. При составлении математической модели деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов в условиях переменной температуры необходимо в традиционную двумерную математическую модель добавить еще одно измерение, существенно усложняющее такое моделирование. Чтобы избежать усложнение математической модели путем добавления дополнительных переменных предложено использовать при моделировании термовязкоупругости полимерных текстильных материалов термодеформационно-временную аналогию, состоятельность которой неочевидна и проверяется лишь экспериментально для каждого материала в отдельности.

The article deals with the prediction of deformation modes of polymeric textile materials operation under variable temperature conditions. The complexity of this prediction lies in the fact that for mathematical modeling of deformation modes of polymeric textile materials operation under variable temperature conditions, it is impossible to use traditional mathematical models for isothermal processes. When

* Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

compiling a mathematical model of the deformation modes of polymeric textile materials operation under variable temperature conditions, it is necessary to add one more dimension to the traditional two-dimensional mathematical model, which significantly complicates such modeling. In order to avoid complicating the mathematical model by adding optional variables, it is proposed to use a thermostrain-time analogy when modeling the thermoviscoelasticity of polymeric textile materials, the validity of which is not obvious and is only verified experimentally for each material separately.

Ключевые слова: математическое моделирование, прогнозирование, полимерные текстильные материалы, деформационные режимы эксплуатации, переменная температура.

Keywords: mathematical modeling, forecasting, polymeric textile materials, deformation modes of operation, variable temperature.

Вопросами, изучаемыми в статье, занимается научная школа СПбГУПТД, возглавляемая автором д.т.н. Переборовой Н.В. Только в исследованиях представителей этой научной школы математическое моделирование термовязкоупругости полимерных текстильных материалов проводится на основе термдеформационно-временной аналогии. Это уникальный метод. Другие методы моделирования деформационных процессов полимеров не используют этой аналогии. Часто исследователи моделируют деформационные процессы при некотором известном законе изменения температуры. Тем самым подменяя температурные исследования – временными, т.к. изменение температуры в этих случаях жестко привязано к временной переменной. Предлагаемое же исследование лишено этого недостатка.

Суть температурно-временной аналогии при математическом моделировании деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов в условиях переменной температуры состоит в нахождении аналитических зависимостей в виде функций от температуры, посредством которых математические модели деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов для различных, но фиксированных значений температуры являются подобными [2].

Рассмотрим это более подробно.

Введем в рассмотрение для некоторого фиксированного значения температуры

традиционные математические релаксационно-эксплуатационных процессов (релаксация) [3]:

$$E_{\text{ст}} = E_0 - (E_0 - E_\infty) \phi_{\text{ст}} \quad (1)$$

и деформационно-эксплуатационных процессов (ползучесть) [4]:

$$D_{\text{ст}} = D_0 + (D_\infty - D_0) \phi_{\text{ст}} \quad (2)$$

Здесь приняты следующие обозначения: $E_{\text{ст}}$ – модуль релаксации; t – время; ϵ_t – деформация; E_0 – модуль упругости; E_∞ – модуль вязкоупругости; $D_{\text{ст}}$ – податливость; σ_t – деформация; D_0 – начальная податливость; D_∞ – предельно-равновесная податливость.

В качестве нормированных функций релаксации $\phi_{\text{ст}}$ и ползучести $\phi_{\text{ст}}$, зависящих от логарифма приведенного времени (соответственно, $\ln \frac{t_1}{\tau_\epsilon}$ – для релаксации и $\ln \frac{t_1}{\tau_\sigma}$ – для ползучести, где τ_ϵ – время релаксации; τ_σ – время запаздывания), наиболее часто выбирают одну из следующих функций интеграл вероятности (ИВ), функцию Кольрауша (ФК); гиперболический тангенс (ГТ); нормированный арктангенс логарифма (НАЛ) [5].

Методики построения традиционных математических моделей деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов в условиях постоянной температуры, основанные на деформационно-временной аналогии (для релаксации) и на силовременной аналогии (для ползучести), предполагают возможность сдвига экспериментальных кривых "семейств" релаксации и ползучести, построенных в логарифмической шкале времени, до совмещения с обобщенными кривыми релаксации и ползучести [6].

Величины таких сдвигов определяют функцию времен релаксации $f_{\varepsilon, \varepsilon} = \ln \frac{t_1}{\tau_\varepsilon}$, называемую также деформационно-временной функцией, и функцию времен запаздывания $f_{\sigma, \sigma} = \ln \frac{t_1}{\tau_\sigma}$, называемую также силовременной функцией [7].

Таким образом, при выборе конкретной аппроксимирующей функции $\phi_{\varepsilon t}$ или $\phi_{\sigma t}$ задача по прогнозированию деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов в условиях постоянной температуры сводится фактически к определению четырех параметров для процесса релаксации (модуля упругости, модуля вязкоупругости, структурного коэффициента релаксации и деформационно-временной функции) и четырех параметров для процесса ползучести (начальной податливости, предельно-равновесной податливости, структурного коэффициента запаздывания и силовременной функции) [8].

Если "семейства" релаксации (полученные при определенном значении деформации ε_0 , но при разных температурах) или "семейства" ползучести (полученные при определенном значении σ_0 и при различных температурах) удастся посредством сдвигов на величины $f_{T, T} = \ln \frac{t_1}{\tau_T}$ совместить с некоторой обобщенной кривой, то будет иметь место температурно-временная аналогия, а функцию сдвигов в этом случае можно назвать температурно-временной функцией [9].

Таким образом, исследование деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов, протекающих при изменяющейся температуре, но при постоянных значениях деформации или напряжения, сводится, при соответствующем выборе нормированной функции, к определению четырех параметров (двух асимптотических значений температур T_0 и T_∞ , характеризующих температурные границы исследуемого процесса, структурно-температурного коэффициента и температурно-временной функции) [10].

То есть полученные методики позволяют прогнозировать деформационные режимы эксплуатации полимерных текстильных материалов и в условиях изменяющейся температуры [11].

Следует, однако, заметить, что полученные методики предполагают нахождение вышеуказанных четырех параметров для каждого из исследуемых значений температуры, тем самым резко увеличивая число определяемых параметров [12].

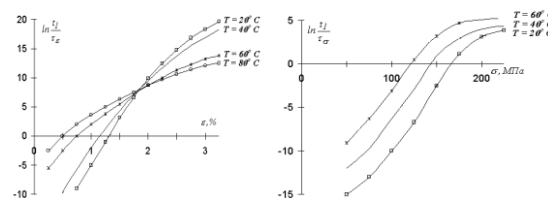


Рис. 1

Рис. 2

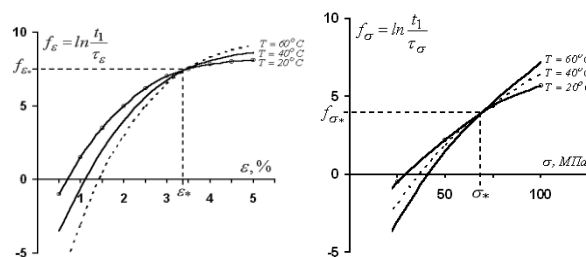


Рис. 3

Рис. 4

Альтернативой этому является проведение исследований деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов при температуре, которая изменяется по заранее определенному сценарию (например, линейная зависимость температуры от времени, соответствующая равномерному нагреванию образца; зави-

симось температуры от времени по заданному закону в ходе остывания и т.п.), что фактически привязывает значения температуры к соответствующим значениям времени, подменяя две переменные (время и температуру) одной [13].

Изучая деформационные режимы эксплуатации полимерных текстильных материалов при различных значения температуры и определяя соответствующим образом деформационно-временные и силовременные функции для различных синтетических нитей (лавсан 114 текс – рис.1 и рис.2; нитрон 33,3 текс – рис. 3 и рис. 4), удалось заметить, что графики приведенных функций при различных значениях температуры могут быть получены поворотом одного из них на некоторый угол, в первом приближении который можно считать линейно зависящим от значения температуры [14].

В этом и состоит основной смысл термомодеформационно-временной аналогии, т.е. наличия некоторого преобразования (в нашем случае – поворота графиков) деформационных кривых, позволяющего от одной кривой переходить к другим.

Этот поворот графиков физически оправдан, так как при изменении температуры соответствующим образом изменяются значения времен релаксации при одинаковых значениях деформации и значения времен запаздывания при одинаковых значениях напряжения и осуществляется либо

вокруг общей точки их пересечения (рис. 1 – точка $\varepsilon_0 \approx 1,8\%$, $f_{\varepsilon_0} = \ln \frac{t_1}{\tau_{\varepsilon_0}} \approx 7,9$),

либо вокруг точки, в которой пересекаются продолжения графиков (рис. 2 – точка $\sigma_0 \approx 282$ МПа, $f_{\sigma_0} = \ln \frac{t_1}{\tau_{\sigma_0}} \approx 4,8$). Указанные

точки пересечения графиков определяются численными методами [15].

Аналитически данный поворот графика можно описать посредством введения новой системы координат (соответственно $(\tilde{\varepsilon}, \tilde{f}_{\varepsilon})$ и $(\tilde{\sigma}, \tilde{f}_{\sigma})$), задаваемой формулами [16]:

$$\begin{cases} \varepsilon = \varepsilon_0 + \tilde{\varepsilon} \cos \alpha - \tilde{f}_{\varepsilon} \sin \alpha, \\ f_{\varepsilon} = f_{\varepsilon_0} + \tilde{\varepsilon} \sin \alpha + \tilde{f}_{\varepsilon} \cos \alpha, \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \sigma = \sigma_0 + \tilde{\sigma} \cos \beta - \tilde{f}_{\sigma} \sin \beta, \\ f_{\sigma} = f_{\sigma_0} + \tilde{\sigma} \sin \beta + \tilde{f}_{\sigma} \cos \beta, \end{cases} \quad (4)$$

где α – угол поворота графика деформационно-временной функции, соответствующего температуре T_1 , к графику, соответствующему температуре T_2 ; β – угол поворота графика силовременной функции, соответствующего температуре T_1 к графику, соответствующему температуре T_2 .

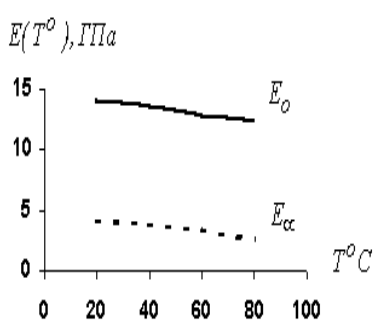


Рис. 5

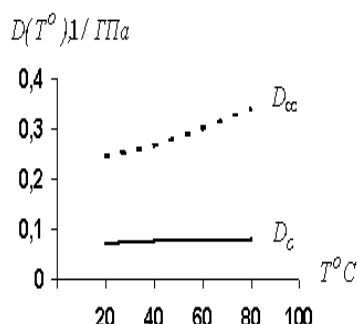


Рис. 6

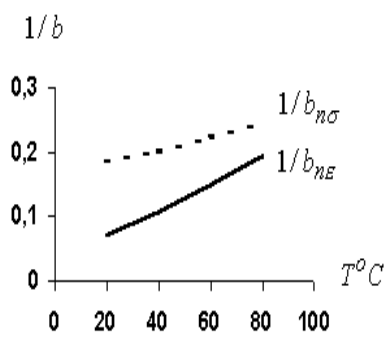


Рис. 7

Аналогично, исследуя характер зависимости остальных параметров от температуры (модуля упругости, модуля вязкоупругости – рис. 5; начальной податливости, предельно-равновесной податливости –

рис. 6; параметров интенсивности процессов релаксации и ползучести – рис. 7; синтетическая нить лавсан 114 текс), можно в первом приближении считать эту зависимость линейной от температуры, что значи-

тельно упрощает процесс прогнозирования [17].

Аналогичные зависимости имеют место для нити нитрон 33,3 текс [18] и для других синтетических нитей [19].

Предложенный метод прогнозирования деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов в условиях переменной температуры, опробованный на вышеперечисленных объектах, дал расчетные результаты, отличающиеся от экспериментальных на величину, не превышающую 20 %, что вполне технически допустимо.

Таким образом, предложенный метод прогнозирования деформационных режимов эксплуатации полимерных текстильных материалов использует минимальное число возможных параметров и не зависит от закона изменения температуры.

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. Егорова М.А., Макарова А.А., Коновалов А.С., Максимов В.В. Применение методов спектрального моделирования и компьютерного прогнозирования вязкоупругости для оценки функциональности нетканых полимерных материалов // Химические волокна. – 2020, № 3. С.85...88.

3. 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.

4. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Прогнозирование восстановительного деформационного процесса и обратной релаксации полимерных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 3. С. 10...13.

5. Демидов А.В., Макаров А.Г., Вагнер В.И., Егорова М.А. Методы системного анализа функционально-эксплуатационных деформационных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения // Химические волокна. – 2020, № 4. С. 28...30.

6. Егорова М.А., Егоров И.М., Переборова Н.В., Макарова А.А. Методы качественной оценки функционально-эксплуатационных свойств полимерных текстильных материалов // Химические волокна. – 2020, № 4. С. 68...70.

7. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Методы компьютерного анализа вязкоупругости

технических тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №3. С. 13...17.

8. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Исследование изменений деформационных свойств полиэфирных нитей в зависимости от степени крутки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4. С. 9...13.

9. Макаров А.Г., Киселев С.В., Зурахов В.С., Бусыгин К.Н. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование усадочных и восстановительных свойств арамидных текстильных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2020, № 4. С. 119...125.

10. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Определение механических характеристик текстильных материалов при переменной температуре // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 6. С.14...19.

11. Макаров А.Г., Егоров И.М. Разработка методов системного анализа деформационно-релаксационных процессов полимерных канатов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2020, № 2. С. 71...83.

12. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Системный анализ вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 3. С.20...24.

13. Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка методов оценки функционально-эксплуатационных свойств полимерных текстильных материалов на основе их численного прогнозирования // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2020, № 2. С.110...121.

14. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант прогнозирования процессов деформирования синтетических нитей // Химические волокна. – 2001, № 4. С.67...69.

15. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Методы уточнения и контроля прогнозируемых состояний синтетических материалов // Химические волокна. – 2001, № 5. С. 58...61.

16. Киселев С.В., Вагнер В.И., Буряк Е.А., Козлов А.А. Варианты математического моделирования и компьютерного прогнозирования вязкоупругости полимерных текстильных материалов технического назначения // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2020, № 2. С. 122...132.

17. Макаров А.Г., Киселев С.В., Козлов А.А., Зурахов В.С. Разработка методов математического моделирования и численного прогнозирования релаксационно-деформационных процессов полимерных волокнистых материалов повышенной точности // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2020, № 3. С. 19...32.

18. Вавилов Д.С., Головина В.В., Вагнер В.И., Шахова Е.А., Ананичев Е.А., Коробовцева А.А. Опи-

сание термовязкоупругого поведения с учетом взаимодействия фибрилл полимерного текстильного материала на основе механики двухкомпонентной среды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 1. С. 24...26.

19. *Егорова М.А., Литвинов А.М., Загребина Е.А., Кострюков А.В., Лавриненко П.С.* Численное прогнозирование термовязкоупругих процессов полимерных текстильных материалов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии. – 2021, № 1. С.105...114.

REFERENCES

1. *Makarov A.G.* Control of the parameters of non-linear hereditary nuclei of relaxation and delay of synthetic threads//*Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2000, № 2. P.12 ... 16.

2. *Egorova M.A., Makarova A.A., Konovalov A.S., Maksimov V.V.* Application of methods of spectral modeling and computer prediction of viscoelasticity to assess the functionality of non-woven polymer materials//*Chemical fibers.* – 2020, № 3. P. 85 ... 88.

3. *Makarov A.G.* Determination of the analytical relationship between normalized relaxation and creep kernels in the linear theory of viscoelasticity of textile materials//*Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2002, № 2. P. 13 ... 17.

4. *Makarov A.G., Stalevich A.M.* Prediction of the recovery deformation process and reverse relaxation of polymeric materials//*Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2002, № 3. P. 10 ... 13.

5. *Demidov A.V., Makarov A.G., Vagner V.I., Egorova M.A.* Methods of system analysis of functional and operational deformation properties of polymeric textile materials for technical purposes // *Chemical fibers.* – 2020, № 4, С. 28...30.

6. *Egorova M.A., Egorov I.M., Pereborova N.V., Makarova A.A.* Methods for qualitative assessment of the functional and operational properties of polymeric textile materials//*Chemical fibers.* – 2020, № 4. P.68...70.

7. *Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M.* Methods of computer analysis of viscoelasticity of technical fabrics// *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2006, № 3/ P. 13 ... 17.

8. *Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M.* Investigation of changes in the deformation properties of polyester yarns depending on the degree of twist //*Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2006, № 4. P. 9 ... 13.

9. *Makarov A.G., Kiselev S.V., Zurakhov V.S., Busygin K.N.* Mathematical modeling and computer prediction of shrinkage and recovery properties of aramid

textile materials// *Design. Materials. Technology.* – 2020, № 4. P. 119...125.

10. *Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M.* Determination of the mechanical characteristics of textile materials at variable temperature // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2006, № 6. P. 14...19.

11. *Makarov A.G., Egorov I.M.* Development of methods for system analysis of deformation-relaxation processes of polymer ropes//*Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technologies.* – 2020, № 2. P. 71...83.

12. *Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M.* System analysis of viscoelasticity of textile materials // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2007, № 3. P. 20 ... 24.

13. *Egorova M.A., Egorov I.M.* Development of methods for evaluating the functional and operational properties of polymeric textile materials based on their numerical prediction // *Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technology.* – 2020, № 2. P. 110...121.

14. *Makarov A.G., Stalevich A.M.* A variant of predicting the processes of deformation of synthetic threads//*Chemical fibers.* – 2001, № 4. P. 67...69.

15. *Makarov A.G., Stalevich A.M.* Methods for refining and controlling the predicted states of synthetic materials//*Chemical fibers.* – 2001, № 5. P. 58 ... 61.

16. *Kiselev S.V., Vagner V.I., Buryak E.A., Kozlov A.A.* Variants of mathematical modeling and computer prediction of viscoelasticity of polymeric textile materials for technical purposes // *Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technology.* – 2020, № 2. С.122...132.

17. *Makarov A.G., Kiselev S.V., Kozlov A.A., Zurakhov V.S.* Development of methods for mathematical modeling and numerical prediction of relaxation-deformation processes of high-precision polymeric fibrous materials // *Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technology.* – 2020, № 3. P. 19...32.

18. *Vavilov D.S., Golovina V.V., Vagner V.I., Shakhova E.A., Ananichev E.A., Korobovtseva A.A.* Description of thermoviscoelastic behavior taking into account the interaction of fibrils of a polymeric textile material based on the mechanics of a two-component medium//*News of higher educational institutions. Light industry technology.* – 2019, № 1. P. 24...26.

19. *Egorova M.A., Litvinov A.M., Zagrebina E.A., Kostryukov A.V., Lavrinenko P.S.* Numerical prediction of thermoviscoelastic processes of polymeric textile materials // *Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4. Industrial technologies.* – 2021, № 1. P. 105...114.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации. Поступила 30.09.22.

ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА К-1 НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕГО РАБОТЫ

THE USE OF SIMULATION MODEL TO DIAGNOSE HARDWARE AND SOFTWARE FAILURES IN K-1 TENSILE STRENGTH MEASUREMENT DEVICE

А.В. ОРЛОВ, Е.Л. ПАШИН

A.V. ORLOV, E.L. PASHIN

(Костромской государственный университет,
Костромская государственная сельскохозяйственная академия)

(Kostroma State University,
Kostroma State Agricultural Academy)

E-mail: aorlov@list.ru; evgpashin@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы диагностики работы нового программно-аппаратного комплекса К-1 на базе разрывной машины копрового типа, предназначенного для определения разрывного усилия волокна и используемого по ГОСТ Р53484-2022 "Лен трепаный. Технические условия". Указаны причины невозможности применения систем тестирования существующих разрывных машин с использованием образцовых динамометров, а также копров на основе контроля затрат энергии для разрушения испытываемых образцов. Предложен оригинальный вариант тестирования комплекса К-1 на основе численного моделирования его работы как механической системы, кинематические характеристики которой формируются на основе сигналов от датчика углов поворота (энкодера). Конечной целью моделирования является синтез входного сигнала, эквивалентного реальному сигналу, формируемому при испытании на разрыв образца с известными свойствами. Для тестирования программного обеспечения предложен вариант искусственного генерирования последовательности сигналов энкодера, соответствующей ходу маятника, с последующим сравнением полученных оценок свойств образца со значениями, изначально заложенными в параметры симуляции. Отмечено, что предложенные на основе моделирования варианты контроля правильности функционирования комплекса К-1 можно применять для его тестирования в условиях практики его эксплуатации.

The article considers the problems of performing diagnostics on the new tensile strength measurement device (mk. K-1). It's based on the pendulum principle and is intended to be used to determine tensile strength of flax fiber according to GOST R53484-2022 "Scutched flax fibre. Technical specifications". The authors point out why a more typical approach, based on specifically prepared samples with known properties, is not recommended here. Instead they suggest a new approach, based on creating a software model, simulating mechanical operations of the device, including its sensor component – an incremental rotary encoder. Such a model could produce a set of data nearly equivalent to data, produced by an actual device. The model can simulate a dry run in order to provide a baseline, against which mechanical failures in the real system can be detected. Alternatively, the model can simulate performing a test on a sample with known properties, which would allow testing the

software component of the system as well. Authors note that it should be possible to implement this software model as a portable testing device, useful for performing diagnostics and maintenance of K-1 units in the field.

Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, испытание, разрывное усилие, волокно, тестирование, моделирование, элементы конструкции, энкодер, программное обеспечение.

Keywords: hardware and software system, testing, tensile strength, fiber, simulation, rotary encoder, pendulum.

Использование инструментальных методов контроля параметров качества текстильного сырья и полуфабрикатов, обеспечивающих прогнозирование результатов их переработки, способствует повышению конкурентоспособности конечной продукции. Поэтому для квалиметрии лубоволокнистого сырья, а именно для определения разрывных характеристик волокна разработан и предложен для использования измерительный программно-аппаратный комплекс К-1 на основе разрывной машины копрового типа [1], [2]. Особенностью его работы является проведение испытаний при повышенной скорости одноосного растяжения, что соответствует реальным скоростям нагружения, имеющим место при переработке и эксплуатации текстильного сырья и материалов [3...8].

Важным условием при использовании комплекса К-1, как испытательного оборудования, является обеспечение достоверности и воспроизводимости результатов, получаемых при испытании. Поэтому необходима эффективная диагностика (тестирование) его основных систем с учетом существующего регламента [9]. Для этого приняты во внимание существующие методики метрологической поверки, применяемые для разрывных машин [10], а также для копров [11]. Однако их применение по ряду причин оказывается нецелесообразным. В основном это касается проведения испытания при повышенных скоростях деформации, при которых использование средств поверки с использованием образцовых динамометров, исключающих применение динамических нагрузок, будет приводить к формированию погрешностей контролиру-

емых параметров. Использование методики поверки копров также проблематично из-за особенностей определения на комплексе К-1 разрывного усилия волокна и его деформационных характеристик [12]. Это объясняется тем, что согласно [11] при тестировании копров основным параметром является энергия, затрачиваемая на разрушение образца. Контроля же разрывного усилия не производится.

Такое положение дел требует разработки иных технических основ для тестирования основных систем нового измерительного комплекса К-1.

Принципиальной особенностью функционирования комплекса К-1 является использование специализированной программной составляющей для оценки механических характеристик испытываемого волокна на основе анализа характера движения основного рабочего органа разрывной машины – маятника с активным зажимом. Исходные сигналы, определяющие характер маятника, формируются относительно инкрементальным энкодером ЛИР-158Б [13] и регистрируются для последующей обработки согласно схеме, указанной на рис. 1 (диаграмма потоков данных при работе измерительного комплекса К-1).

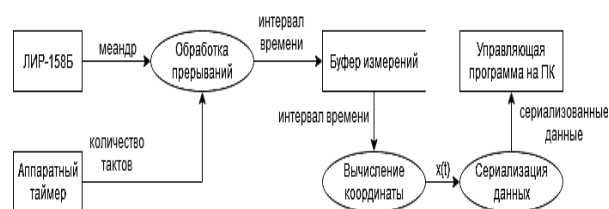


Рис. 1

Очевидно, что движение маятника в процессе одноосного разрыва волокна зависит от свойств испытываемого волокна. Однако эти свойства невозможно точно задать заранее или измерить независимо без разрушения образца. Поэтому становится необходимой имитация работы энкодера и механической системы с целью синтеза входного сигнала, соответствующего реальному сигналу, формируемому при испытании на разрыв образца с заранее известными свойствами.

Такой подход возможен на использовании численного моделирования рассматриваемой системы с последующим формированием на его основе ожидаемого сигнала.

$$\ddot{\varphi}_i = \frac{F_{\text{обр}}(\varphi_{i-1}, \dot{\varphi}_{i-1})r_{\text{обр}} - mgr_T \sin\varphi_{i-1} - \text{sign}(\dot{\varphi}_{i-1})M_{\text{тр}}}{I}, \quad (1)$$

где m – масса маятника; I – момент инерции маятника; r_T – расстояние от точки подвеса до центра масс маятника; $r_{\text{обр}}$ – расстояние от точки подвеса до точки крепления образца; $M_{\text{тр}}$ – момент силы трения; $F_{\text{обр}}$ – сила сопротивления образца; $\varphi, \dot{\varphi}$ – угловая координата и скорость маятника, а функция $\text{sign}()$ принимает значение $+1$ или -1 в зависимости от знака аргумента.

Задавая различные зависимости $F_{\text{обр}}$, появляется возможность моделировать угловое движение маятника. Однако при этом следует учитывать особенности выходного сигнала. Дело в том, что, вследствие особенностей своей конструкции инкрементальные энкодеры генерируют выходной импульс при повороте их вала на определенный минимальный угол $\Delta\varphi$. Как следствие, при переменной скорости вращения сигналы идут неравномерно по времени, что требуется учесть в симуляции. Угол $\Delta\varphi$ зависит от конструкции энкодера, но при достаточно малом его значении можно считать, что движение маятника между двумя сигналами является равноускоренным. Это позволяет применить (1) для определения интервала времени Δt_i , за который вал энкодера повернется на минимальный угол $\Delta\varphi$. Этот временной шаг симуляции будет также являться ее выходным результатом.

В этом случае можно обеспечить формирование входных сигналов для разных режимов работы управляемой системы, а также исследовать наличие, интенсивность и природу "шумовых" составляющих, снижающих точность измерения.

Для реализации такого подхода была предложена модель движения физического маятника, включающая в себя силу тяжести, силу трения и силу сопротивления образца разрыву. На основании этой модели была получена итеративная формула для определения мгновенных значений углового ускорения $\ddot{\varphi}$ маятника копра:

Он может быть определен с использованием выражения:

$$\frac{\ddot{\varphi}_i \Delta t_i^2}{2} + \dot{\varphi}_i \Delta t_i - \Delta\varphi = 0. \quad (2)$$

Вычисление корней уравнения (2) может дать несколько возможных исходов. Если уравнение имеет два корня, то наименьший положительный из них будет искомым значением. Если же уравнение не имеет корней, это означает, что маятник дошел до крайней точки своей траектории и не сможет подняться выше. В этом случае можно остановить расчеты, так как дальнейшая деформация образца уже не произойдет. Если же потребуется моделировать процесс далее, следует изменить знак перед $\Delta\varphi$ на противоположный, чтобы отобразить смену направления движения маятника.

Таким образом, становится возможным смоделировать сигнал, генерируемый энкодером, соединенным посредством оси с закрепленным на ней маятником, обладающим заданными параметрами. Такой подход при моделировании сигнала предложен использовать для контроля правильности функционирования трех составляющих конструкции и алгоритмов расчета

комплекса К-1: узла крепления маятника, энкодера и программного обеспечения.

Контроль работы узла крепления маятника предложено осуществлять следующим образом. После замера таких параметров, как масса маятника m , момент инерции I и расстояние от точки подвеса до центра масс маятника r_T , а также величину момента силы трения M_{Tr} и угол зарядки маятника φ_0 , становится возможным промоделировать холостой ход маятника, и сравнить результат моделирования с результатом регистрации холостого хода маятника на реальном тестируемом комплексе К-1. Расхождения между смоделированной и реальной траекторией будут указывать либо на ошибки измерения параметров маятника, либо на механические дефекты узла подвеса.

При наличии ошибок измерения будут характерны расхождения в таких характеристиках, как положение высшей точки траектории или полупериод колебаний маятника.

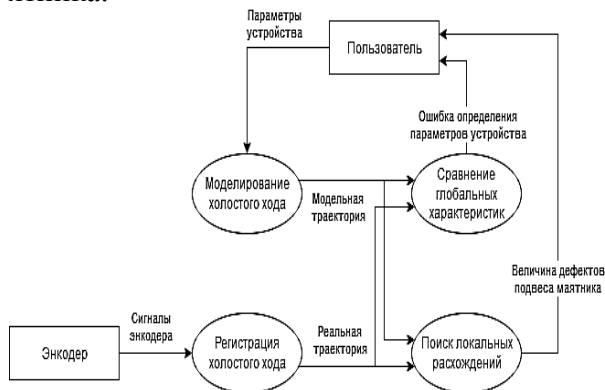


Рис. 2

Для дефектов узла подвеса будут характерны в основном локализованные отклонения реальной траектории от смоделированной. Иными словами, будут существовать интервалы времени, когда разница в реальном и модельном мгновенном значении углового ускорения будет превышать заданный порог. При этом длительность таких интервалов должна находиться в допустимом диапазоне. Более короткие интервалы расхождения могут быть следствием наличия незначительных дефектов, а более длинные (с характерной длиной порядка 50% времени одного хода маятника) будут

являться признаком наличия ошибок в оценке параметров маятника в целом.

Схематично процесс оценки расхождений таких траекторий представлен на рис. 2.

При достаточной точности определения параметров маятника и при достаточном качестве изготовления узла подвеса полученные результаты моделирования можно использовать для контроля качества применяемого в конструкции комплекса К-1 энкодера ЛИР-167Б. Такая возможность вытекает из принципа работы энкодера, схематично представленной на рис. 3 (схема работы энкодера (а) и получаемые данные (б)). Каналы А и В генерируют сигнал в виде прямоугольного меандра, на основании которого можно вычислить координату φ . Моменты смены уровня на канале А и В считаются моментами прихода сигнала с энкодера t_i . На вход вычислительной системы К-1 поступает набор интервалов Δt_i .

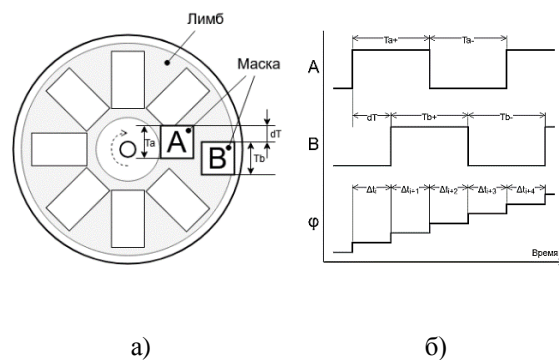


Рис. 3

Таким образом, существуют два связанных с энкодером источника ошибок измерения – это дефекты изготовления лимба энкодера, и дефекты изготовления маски, разделяющей сигнал лимба на каналы А/В и обеспечивающей смещение этих каналов на четверть периода.

Дефекты маски будут выражаться в нарушении скважности сигналов на выходах А и Б энкодера, а также в отклонении разницы их фаз dT . При отсутствии дефектов скважности и при равномерном вращении вала соотношение длительности высокого логического уровня $T_{a+}(T_{b+})$ на выходе энкодера к длительности низкого уровня $T_{a-}(T_{b-})$ на этом же выходе должно быть равно

единице. Аналогично при отклонении величины dT от среднего уровня $(T_{a+} + T_{a-})/4$ будет наблюдаться неравномерность поступления сигналов энкодера, имеющая период 4 такта. Пример неравномерности, зафиксированной в ходе анализа сигналов, поступающих с реального энкодера, представлен на рис. 4.

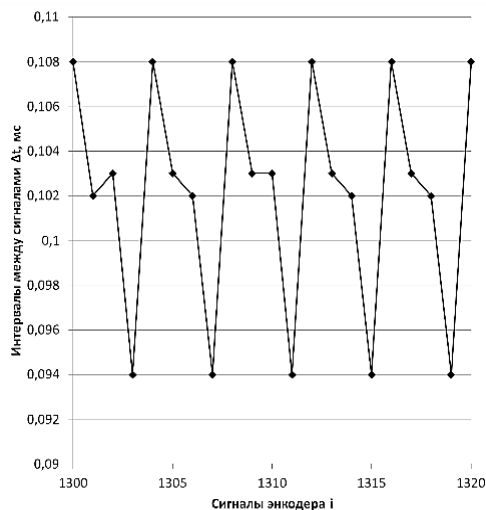


Рис. 4

Важно понимать, что характерный период колебаний маятника комплекса К-1 составляет порядка 1 секунды, что на три порядка величины превышает средний интервал между импульсами энкодера. Это позволяет предположить, что угловая скорость маятника не должна претерпевать значительных изменений от импульса к импульсу, даже вследствие наличия механических дефектов. Из этого следует, что движение маятника на коротких (единицы импульсов энкодера) участках траектории можно принимать как равномерное.

С учетом этой особенности для оценки равномерности сигналов энкодера предложено использовать критерий скользящего среднего. Для этого необходимо вычислить на всей траектории маятника величину относительного отклонения по формуле:

$$\varepsilon t_i = \left| 1 - \frac{2\Delta t_i}{\Delta t_{i-1} + \Delta t_{i+1}} \right| \cdot 100\% . \quad (3)$$

При использовании выражения (3) оказывается возможным оценить качество ра-

боты энкодера при любом значении угла поворота вала. Нулевая величина εt_i будет означать идеальную равномерность делений на лимбе и полное отсутствие дефектов маски. Средний уровень εt_i будет определяться в основном влиянием дефектов маски, а локальные колебания εt_i будут вызваны либо дефектами лимба, либо явно локализованными дефектами узла крепления маятника.

Наиболее значимой составляющей системы тестирования нового измерительного комплекса К-1 является контроль правильности функционирования программной составляющей. Именно она обеспечивает корректность результатов, получаемых при проведении испытаний. Суть предлагаемого тестирования базируется на результатах моделирования движения маятника с имитируемым образцом. На базе этих результатов генерируется последовательность сигналов энкодера, которая затем подается на вход испытательного комплекса вместо сигналов с реального энкодера. Схематично указанный процесс тестирования представлен на рис. 5.

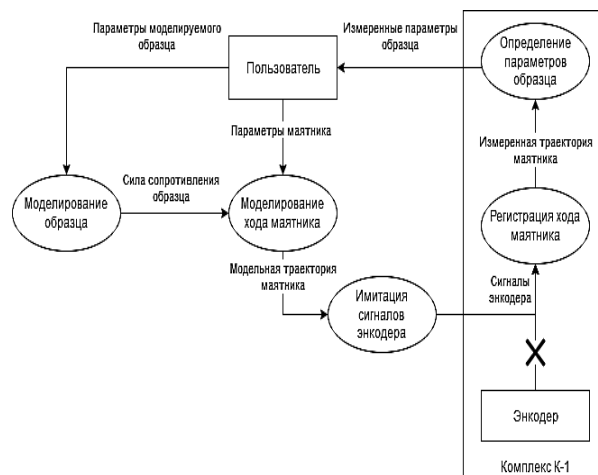


Рис. 5

Оценочные значения параметров образца, выданные программным обеспечением комплекса К-1, затем сопоставляются со значениями параметров, заложенных в модель. Расхождение между результатами может указывать на нарушение работы программного обеспечения, например, вследствие постороннего вмешательства.

Таким образом, предложенные на основе моделирования варианты контроля правильности функционирования комплекса К-1 можно применять для тестирования узла крепления маятника, энкодера и программного обеспечения. Преимуществом таких вариантов является исключение необходимости реального разрыва волокна с присущей ему вариацией свойств.

ВЫВОДЫ

1. Применение существующих систем тестирования разрывных машин с использованием образцовых динамометров и копров, основным метрологическим параметром для которых являются затраты энергии для разрушения испытываемых образцов, является проблематичным для нового аппаратно-программного комплекса К-1 на базе разрывной машины копрового типа.

2. Предложен оригинальный вариант тестирования комплекса К-1 на основе симуляции его функционирования посредством численного моделирования работы энкодера и механической системы с целью синтеза ожидаемого входного сигнала, адекватного реальному сигналу, формируемому при испытании на разрыв образца с заранее известными свойствами.

3. Для тестирования программного обеспечения предложен вариант искусственного генерирования последовательности имитируемых сигналов энкодера, соответствующей ходу маятника при разрыве образца с известными свойствами, с последующим сравнением полученных оценок свойств образца с изначально заданными параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ на полезную модель № 206641 "Устройство для испытания волокон и нитей на растяжение"; авторы Орлов А.В., Пашин Е.Л. – Опубл. 20.09.2021г. Бюл. № 26.
2. ГОСТ Р 53484-2022. Лен трепаный. Технические условия. Официальное издание. – М.: ФГБУ "РСТ", 2022.
3. *Крагельский И.В.* Динамическое определение прочности текстильных материалов. – М.: Гизлегпром, 1933.

4. *Журков С.Н., Тимашевский Э.Е., Санфирова Т.П.* Механические свойства материалов при больших скоростях растяжения // Журнал технической физики. – 1953. Т. 23, вып. 6. С. 933...939.

5. *Перепелкин К.Е., Ройтих А.М.* Приборы и методы высокоскоростных испытаний материалов на растяжение. – М.: ЦНИИТЭИ, 1968. С. 3...25.

6. *Кудряшова Н.И., Кудряшов Б.А.* Высокоскоростное растяжение текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1974.

7. *Банакоева Н.В., Крутикова В.Р.* Анализ параметров технологических процессов приготительного, ткацкого и трикотажного производств по тензограммам нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С.100...105.

8. *Цитович И.Г.* Теоретические основы стабилизации процесса вязания. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

9. ГОСТ Р 8.568–2017. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытываемого оборудования. Основные положения. Официальное издание. – М.: ФГБУ "Стандартинформ", 2019.

10. https://znaytovar.ru/gost/2/ RD_5048284_Metodicheskie_ukaza.html. Методические указания РД 50-482-84. Машины разрывные и универсальные для статических испытаний металлов и конструкционных пластмасс. Методика поверки.

11. ГОСТ 34373–2017. Пластмассы. Верификация маятникового копра для испытания на удар. Испытание на ударную вязкость по Шарпи, Изоду и при ударном растяжении. Официальное издание. – М.: ФГБУ "Стандартинформ", 2018.

12. *Пашин Е.Л., Орлов А.В.* Испытательная система контроля разрывных характеристик волокон и нитей при скоростном растяжении // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2019. Т. 85, №2. С.60...64.

13. Преобразователи угловых перемещений ЛИР-158. Технические условия ЛИР-158.000ТУ. Санкт-Петербург, ОАО "СКБ ИС".

REFERENCES

1. Orlov, A. Pashin, E. (2021) Device for stretch testing of fibers and threads (Russian Federation patent no. 206641).
2. GOST R 53484-2022. Scutched flax fibre. Technical specifications. – Moscow, Standartinform, 2022.
3. Kragelsky I.V. Dynamic measurement of textile materials strength. – Moscow, Gizlegprom, 1933.
4. Zhurkov S.N., Timashevsky E.E., Sanfirova T.P. Mechanical properties of materials undergoing high-speed stretching // Zhurnal tekhnicheskoy fiziki. – vol. 23, № 6, 1953. P. 933...939.
5. Perepelkin K.E., Roitikh A.M. Devices and methods of high-speed stretching material testing. – Moscow, CNITEI, 1986. P. 3...25.
6. Kudryashova N.I., Kudryashov B.A.. High-speed stretching of textile materials. – Moscow, Legkaya industriya, 1974.

7. Banakova N.V., Krutikova V.R. Analyzis of parameters of technological processes of preprocessing, weaving and warp knitting production lines using thread tensograms // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 5. P. 100...105.

8. Citovich I.G. Theoretical basis of knitting process stabilization. – Moscow, Legkaya i pischevaya promyshlennost, 1984.

9. GOST R 8.568–2017. State system for ensuring the uniformity of measurements. Verification of testing equipment. General provisions. – Moscow, Standartinform, 2019.

10. Methodical recommendations RD-50-482-84. Tensile strength testing machines for static testing of metals and plastics. [website], https://znaytovar.ru/gost/2/RD_5048284_Metodicheskie_ukaza.html (accessed 19 June 2022).

11. GOST 34373-2017. “Plastics. Verification of pendulum impact-testing machines. Charpy, Izod and tensile impact-testing”. – Moscow, Standartinform, 2018.

12. Pashin E.L., Orlov A.V. Testing system for controlling tensile properties of fibers and threads during high-speed stretching // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. – vol. 85, no. 2, 2019. P. 60...64.

13. LIR-158 rotary encoders. Technical specifications, St. Petersburg, SKB IS inc.

Рекомендована кафедрой технических систем в АПК Костромской ГСХА. Поступила 21.09.22.

УДК 531.43

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_190

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОЛЕКУЛЯРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ***

**RESULTS OF MOLECULAR MODELING
OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF NONIONIC SURFACTANTS**

*О.В. БЛИНОВ, Е.Н. КАЛИНИН, В.Б. КУЗНЕЦОВ,
Е.Н. НИКИФОРОВА, С.А. НЕФЁДОВ*

*O.V. BLINOV, E.N. KALININ, V.B. KUZNETSOV,
E.N. NIKIFOROVA, S.A. NEFYODOV*

**(Ивановский государственный энергетический университет,
Ивановский государственный политехнический университет,
Ивановский государственный университет)**

**(Ivanovo State Power Engineering University,
Ivanovo State Polytechnical University,
Ivanovo State University)**

E-mail: Oleg_blinov@ro.ru

В работе исследованы взаимозависимости энергетических показателей неионогенных поверхностно-активных веществ, полученных методом молекулярно-динамического моделирования, и коэффициентов трения хлопчатобумажной ткани.

In this paper, the interdependence of the energy indicators of nonionic surfactants obtained by the method of molecular dynamics modeling and the coefficients of cotton fabrics friction has been studied.

* Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ по проекту 20-43-370007 р_а_ Ивановская область: "Развитие научных основ прогнозирования функциональных и конструкционных параметров синтезируемых полимерных волокнистых композитных систем".

Ключевые слова: триботехнические свойства, неионогенные поверхностно-активные вещества, молекулярно-динамическое моделирование, энергетические характеристики ПАВ, хлопчатобумажная ткань, коэффициент трения.

Keywords: tribotechnical properties, nonionic surfactants, molecular dynamics modeling, energy characteristics of surfactants, cotton fabric, coefficient of friction.

Ранее [1...4] исследованы триботехнические свойства текстильных материалов, отличающихся переплетением и образованных нитями, с различными физико-механическими характеристиками. Оценивалось изменение показателей коэффициента трения ткани полотняного переплетения в сухом состоянии, с пропиткой водными растворами неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В настоящей работе проведены теоретические исследования энергетических характеристик неионогенных поверхностно-активных веществ в паре трения "металл – металл" и сопоставление полученных данных с экспериментальными результатами изменения коэффициента трения текстильных материалов, полученными на разработанном лабораторном стенде.

Перспективным направлением в решении задач прогнозирования свойств вновь синтезируемых материалов являются методы молекулярно-динамического моделирования, которые используются в компьютерной химии, вычислительной биологии и науке о материалах для изучения как индивидуальных молекул, так и взаимодействия в молекулярных системах [5...7]. Общей чертой методов молекулярного моделирования является атомистический уровень описания молекулярных систем. Материал на молекулярном уровне представляет совокупность атомов, химически связанных между собой. Мерой устойчивости межмолекулярных связей служит количество энергии, затрачиваемой на их разрыв, а одним из факторов, влияющих на это, является коэффициент трения и структура взаимодействующих поверхностей.

Одним из вариантов исследования энергетических характеристик триботехнических

показателей исследуемой системы являются программы молекулярно-динамического моделирования, например, Hyper Chem, реализующие методы молекулярной механики, молекулярной динамики и квантовой химии [8].

Численный анализ проведен средствами системы автоматизированного расчета [9] энергетических характеристик молекулярной структуры смазочного слоя при циклическом перемещении поверхности трения, с использованием методов молекулярной динамики, заложенных в CAD/CAI Hyper Chem.

Для определения энергетических показателей был выбран ряд неионогенных поверхностно-активных веществ, используемых в различных технологических операциях отделки ткани. Водные растворы некоторых из поверхностно-активных веществ различной концентрации были использованы для определения триботехнических показателей в паре трения "транспортирующий ролик – текстильный материал" [4], [10].

В табл. 1 представлены результаты молекулярно-динамического моделирования энергетических характеристик поверхностно-активных веществ с использованием программы Hyper Chem, а также определенные их физико-химические показатели. Приведенные результаты физического эксперимента свидетельствуют о том, что энергия адсорбции изменяется в гораздо более широких пределах, нежели энергия сдвиговых деформаций. В первом случае разница между минимальным и максимальным значениями составляет два порядка. Во втором – всего 800 единиц: на диаграмме рис.1-а,б представлены данные по энергии адсорбции ($E_{ад}$), и энергии

сдвига ($E_{сд}$) в паре трения "металл – металл" поверхностно-активных веществ и расположенные по мере ее возрастания, что об-

легчает их визуальную оценку в зависимости от марки вещества.

Таблица 1

Поверхностно-активное вещество	Энергетические и физико-химические характеристики			
	энергия адсорбции, ккал/моль	энергия сдвига, ккал/моль	плотность, г/м ³	молекулярная масса
ОП-7	133	7145	1,030	470...542
Стеарокс-6	323	7139	1,086	512
ОС-20	5373	7628	0,70...0,80	1150
Синтанол ДТ-7	13090	7244	0,95	465...508
Синтанол ДС-10	7771	7383	0,95	510...673
Синтанол БВ	3664	7135	0,95	726...754
Феноксол 9/10 БВ	5104	6981	1,066	696
Синтамид 10	974	7137	1,010	669...754
ОП-10	900	7138	1,060	646...753

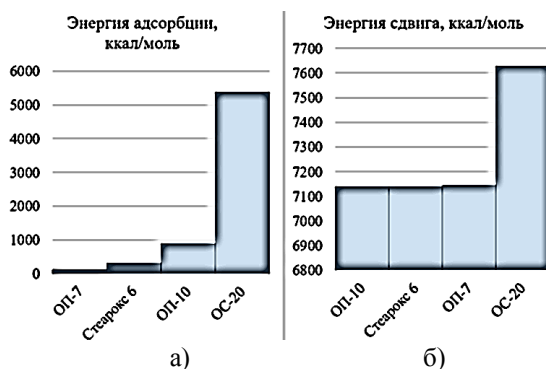


Рис. 1

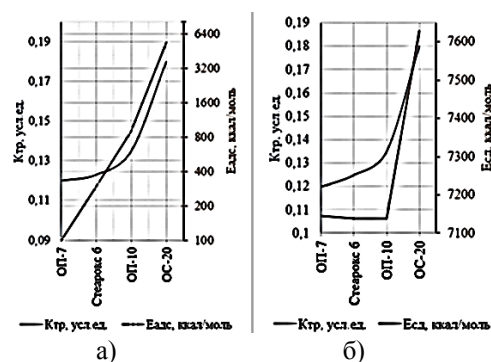


Рис. 2

В явном виде проследить зависимость энергетических показателей от физико-химических характеристик поверхностно-активных веществ не представляется возможным. Поэтому целесообразно рассмотреть их взаимозависимость от экспериментально полученных результатов анализа по коэффициенту трения и энергии адсорбции (а), и энергии сдвига (б) с транспортирующим роликом технологической машины и хлопчатобумажной ткани Рогожка, для четырех исследованных веществ: ОП-7, ОП-10, Стеарокс-6 и ОС-20, которые представлены на рис.2. Данные по величине коэффициента трения получены при концентрации ПАВ – 2 г/л [4], [10].

Представленные графические зависимости свидетельствуют о том, что полученные расчетные значения энергии адсорбции и энергии сдвига для четырех выбранных неионогенных поверхностно-активных веществ имеют характер, аналогичный изменению коэффициентов трения, полученных

экспериментальным путем для группы данных ПАВ. Так, если величина коэффициента трения возрастает при переходе от ОП-7 к ОС-20 в 1,5 раза, величина энергии адсорбции увеличивается примерно в 40 раз, а энергии сдвига – в 1,1 раза. Следовательно, увеличение энергии адсорбции и энергии сдвига свидетельствуют о характере изменений поверхностных триботехнических свойств хлопчатобумажной ткани при движении в растворе синтетических поверхностно-активных веществ по стальным транспортирующим органам технологической машины.

ВЫВОДЫ

1. Определены численные значения энергетических показателей ряда неионогенных поверхностно-активных веществ в паре трения "хлопчатобумажная ткань – металл" средствами специально разработанной нами программы для ЭВМ и программного комплекса Hyper Chem.

2. Проведены корреляция расчетных показателей энергии адсорбции и энергии сдвига с экспериментальными данным по коэффициенту трения ткани "Рогожка" применительно к использованным поверхностно-активным веществам.

3. Установлено, что расчетные энергетические показатели могут служить основой для прогнозирования качественных показателей технологических процессов обработки текстильной структуры с ее триботехническими характеристиками, определяемыми взаимодействием с металлическим технологическим объектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Годлевский В.А., Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Митронов Д.В.* Исследование триботехнических свойств текстильных материалов на трибометре ТАУ-1. Надежность и долговечность машин и механизмов // Сб. мат. X Всероссийск. научн.-практ. конф. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – Иваново, 2019. С.258...262.

2. *Годлевский В.А., Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Митронов Д.В.* Исследование триботехнических свойств поверхностей текстильных материалов. Надежность и долговечность машин и механизмов // Сб. мат. XI Всероссийск. научн.-практ. конф. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – Иваново, 2020. С. 393...397.

3. *Годлевский В.А., Кузнецов В.Б., Блинов О.В., Калинин Е.Н.* Экспресс-метод анализа триботехнических свойств текстильной структуры полимерного наполнителя с учетом факторов внешнего воздействия. Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (smartex). Учредители: Ивановский государственный политехнический университет (Иваново) ISSN: 2413-6514. 2020 (№1). С. 35...40.

4. *Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б.* Исследования триботехнических свойств тканей в водных растворах неионогенных поверхностно-активных веществ. SMARTEX. – Иваново, 2021. С.117...120

5. *Годлевский В.А., Фомичёв Д.С., Шилов М.А. и др.* Применение метода компьютерного молекулярного моделирования для описания строения смазочного слоя // Трение и износ. – Гомель: Беларусь, 2009. С.16...21.

6. *Мазалова В.Л., Кравцова А.Н., Солдатов А.В.* Нанокластеры: рентгеноспектральные исследования и компьютерное моделирование. – М.: Физматлит, 2013.

7. *Березина Е.В., Годлевский В.А., Калинин Е.Н., Королёв П.В.* Концептуальные возможности метода

молекулярной динамики для моделирования межмолекулярного взаимодействия в наноконпозиционных системах // Вестник научно-промышленного общества – М.: "Алев-В", 2013, вып. 20.

8. *Фомичев В.Т., Глазунов А.В.,* Математическое моделирование динамики однорольковой зоны транспортирования ткани с учетом сил трения // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №1. С.119...122.

9. *Блинов О.В., Годлевский В. А.* Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: № 2016662003, 2016.

10. *Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б.* Влияние растворов поверхностно-активных веществ на триботехнические свойства текстильных материалов в паре трения "ткань – транспортирующий ролик // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, №2. С.233...237.

REFERENCES

1. *Godlevsky V.A., Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B., Mitronov D.V.* Study of the tribological properties of textile materials on the TAU-1 tribometer. Reliability and durability of machines and mechanisms: collection of materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference. FGBOU VO Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. – Ivanovo, 2019. P. 258...262.

2. *Godlevsky V.A., Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B., Mitronov D.V.* Study of tribological properties of surfaces of textile materials. Reliability and durability of machines and mechanisms: collection of materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference. FGBOU VO Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. – Ivanovo, 2020. P.393...397.

3. *Godlevsky V.A., Kuznetsov V.B., Blinov O.V., Kalinin E.N.* Express method for analyzing the tribological properties of the textile structure of a polymer filler, taking into account external influence factors. physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (smartex). Founders: Ivanovo State Polytechnic University (Ivanovo) ISSN: 2413-6514. 2020 (No. 1). P. 35...40.

4. *Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B.* Studies of tribological properties of fabrics in aqueous solutions of nonionic surfactants. SMARTEX. – Ivanovo, 2021. P. 117...120

5. *Godlevsky, V.A.* Application of the method of computer molecular modeling to describe the structure of the lubricating layer / V.A. Godlevsky, D.S. Fomichev, M.A. Shilov [et al.] // Friction and wear. – Gornel: Belarus, 2009. P.16...21.

6. *Mazalova V.L., Kravtsova A.N., Soldatov A.V.* Nanoclusters: X-ray spectral studies and computer simulation. – М.: FIZMATLIT, 2013. .

7. *Berezina E.V., Godlevsky V.A., Kalinin E.N., Korolev P.V.* Conceptual possibilities of the molecular

dynamics method for modeling intermolecular interactions in nanocomposite systems // Bulletin of the scientific and industrial society – M.: "Alev-V", 2013, is. 20.

8. Fomichev V.T., Glazunov A.V., Mathematical modeling of the dynamics of a single-roller zone of tissue transportation, taking into account friction forces // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2003, № 1. P. 119...122.

9. Blinov O.V., Godlevsky V.A. Certificate of state registration of the computer program: No. 2016662003, 2016

10. Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B. Influence of surfactant solutions on the tribological properties of textile materials in a friction pair "fabric – transport roller" // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, №2. P.233...237.

Рекомендована кафедрой мехатроники и радиоэлектроники ИВГПУ. Поступила 04.10.22.

УДК 677.077

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_195

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ МЕДЛЕННОЙ МОДЫ

THE LIFE CYCLE OF A SLOW FASHION

А.Н. КУЗНЕЦОВА, Е.В. МОРОЗОВА

A.N. KUZNETSOVA, E.V. MOROZOVA

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

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

E-mail: 916667008@mail.ru

Современное прогрессивное направление, получившее название "медленная мода", демонстрирует возможность циклического существования предметов одежды. В статье рассмотрены варианты развития жизненного цикла дизайнерской одежды для этого направления. Авторы представляют вниманию сравнительный анализ этих вариантов с траекторией жизненного цикла одежды "быстрой моды".

The modern progressive trend, called "slow fashion", demonstrates the possibility of cyclical existence of clothing items. The article considers options for the life cycle development of designer clothing for this trend. The authors present a comparative analysis of these options with the trajectory of the life cycle of "fast fashion" clothing.

Ключевые слова: медленная мода, экология, качество, функциональность, проектирование одежды, жизненный цикл дизайнерской одежды.

Keywords: slow fashion, ecology, quality, functionality, clothing design, life cycle of designer clothing.

Начало XXI века ознаменовалось изменением подхода к использованию различных материалов, в частности, в производстве одежды. Этот подход значительно более экологичен, так как требует меньших затрат на утилизацию. В 2007 году журналисткой Кейт Флетчер, занимающаяся проблемами экологии и моды, был сформулирован специальный термин – "медленная

мода" (Slow fashion). Она первой заявила, что отказ от чрезмерного потребления является сегодня наиболее прогрессивным направлением в проектировании одежды. Термин возник в противовес понятию "быстрая мода" (Fast fashion), а сам подход преобразовался в тенденцию мирового масштаба. Производство качественных товаров массового потребления, продление

срока жизни вещей, и правильное взаимодействие людей с вещами является философией этой новой тенденции [1]. Такая философия с каждым годом приобретает все большую популярность. Ее сторонников можно видеть как в среде зарубежных, так и российских дизайнеров. С каждым годом число потребителей, осознающих преимущество этой тенденции, и дизайнеров, пропагандирующих медленную моду, возрастает. Люди стали понимать, что необходимо делать выбор в пользу осознанного и устойчивого потребления, экологичных материалов, этических брендов и приобретать долговечный продукт [2]. А авторы Печкунова И.А. и Ваниева О.В. даже выделили ряд методов приобщения потребителей к этой тенденции [3]. Гурова О.И. рассматривает "медленную моду" в контексте продолжительности жизни вещей в советском и постсоветском обществе в России. Ретецкая А.И. обозначает направления реализации медленной моды, но в своей работе приводит не совсем понятную систематизацию этих направлений. Из обзора вышеперечисленных работ можно сделать вывод, что исследования, направленные на структурирование характерных особенностей этой новой тенденции и выявление ее роли в траектории процесса создания и эксплуатации одежды, носят фрагментарный характер. В связи с вышеизложенным можно сказать, что изучение цикличности существования одежды и продление срока ее жизни представляется важным для исследования, т.к. это дает возможность понимания и прогнозирования ее дальнейшего использования.

Целью данной работы является выявление возможностей циклического развития медленной моды и определение отличительных особенностей траекторий развития этих циклов. Основной задачей при этом представляется демонстрация их в наглядной форме.

На основе метода структурно-графического анализа коллекций последних трех лет ведущих западных и европейских дизайнеров и литературно-аналитического метода материалов исследований, посвященных проблемам функционирования медленной

моды, а также собственного опыта проектирования текстильных изделий уникального и промышленного характера авторами данной статьи приводятся результаты обобщения ее отличительных признаков и систематизации этапов жизненного цикла медленной моды. На основе анализа жизненных циклов различных изделий, методики проектирования женской одежды, изучаемых и используемых студентами кафедры декоративно-прикладного искусства и художественного текстиля, были разработаны соответствующие модели-графики для "быстрой" и "медленной моды", сделан их сравнительный анализ. Они представлены на рис. 1 и 2 в виде схем-траекторий и будут рассмотрены в сравнении ниже.

Для того, чтобы лучше понять, в чем состоят отличия этих траекторий, необходимо определить отличительные особенности "медленной моды". Среди целого ряда этих особенностей, по мнению авторов статьи, можно выделить шесть основных. Несколько ранее четыре из них уже были обозначены, но впоследствии пересмотрены и дополнены [4].

1. *Экологичность.* При создании изделий медленной моды применяются в большинстве своем экологичные материалы, полученные без использования удобрений при выращивании сырья для них и ядохимикатов в процессе их производства [5]. Кроме того, "медленная мода" в основном базируется на использовании перерабатываемых материалов, решая вопросы утилизации использованной одежды [6].

2. *Качество.* Для изготовления изделий "медленной моды" используются ткани и лекала исключительно высокого качества, в то время как в "fast fashion" качество не является определяющим фактором, уступая место требованию большого товарооборота.

3. *Отсутствие сезонности.* Одежда "медленной моды" используется на протяжении нескольких лет, в то время как изделия "быстрой моды" рассчитаны только на один сезон, с частотой сменяемости через 2...3 месяца, а иногда и после одно-двух раз использования, чем было обусловлено появление термина "одноразовая одежда" [6].

В итоге в гардеробе человека появляется множество неиспользуемых вещей, многие из которых ему не очень-то и нужны. Поэтому вопрос утилизации одежды "быстрой моды" после использования остается открытым [7].

4. *Индивидуальность и персонализация.* В "медленной моде" каждая вещь носит уникальный характер, изделия отшиваются с учетом индивидуальных особенностей потребителя. Возникшая в 2005 году категория "искусный потребитель" теперь тесно связана с понятием "медленной моды", т.к. он активно принимает участие в создании продукта, который сам будет потреблять [6]. Потребителю предоставляется возможность самому участвовать в процессе проектирования изделия, начиная от создания своего образа, внесения корректив в крой и до возможности собственной доработки декора изделия. Все большую популярность приобретает авторский текстиль с эксклюзивной отделкой, но и процессы кастомизации и апсайклинга изделий, всегда отличающиеся оригинальным декором с вышивкой, росписью, валянием и других рукотворных техник. Нередко при сотрудничестве с профессиональным ди-

зайнером изделия превращаются в произведения искусства [2]. Поэтому эти вещи сложно утилизируются и с психологической точки зрения.

5. *Эксклюзивное или малосерийное производство.* Как следствие всех предыдущих особенностей. Для быстрой же моды, наоборот, характерен выпуск продукции большими партиями и сериями.

6. *Функциональность.* Гардероб "медленной моды" включает базовую и эксклюзивную одежду хорошего качества с возможностью комбинировать между собой и трендовыми вещами, а "быстрая мода" – только трендовые изделия [7].

Далее рассмотрим в сравнении жизненные циклы "медленной" и "быстрой моды". Жизненный цикл любого продукта представляет собой совокупность процессов, выполняемых в течение реального времени, от момента выявления в нем потребности общества до момента удовлетворения этой потребности и утилизации продукта, то есть ряд событий, происходящих с продуктом в процессе его создания и использования до момента его полного выхода из употребления [8].

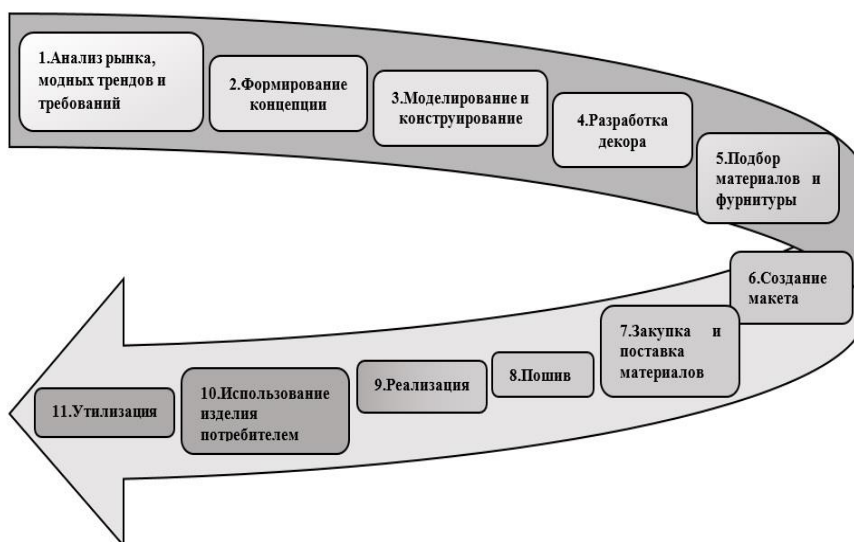


Рис. 1

На рис. 1 представлена модель жизненного цикла одежды "быстрой моды" в виде схемы-траектории. Она состоит из 11 основных этапов, имеет точку отсчета – этап

анализа рынка, модных трендов и требований широкого потребителя, и конечную стадию жизненного цикла – завершение эксплуатации и утилизацию.

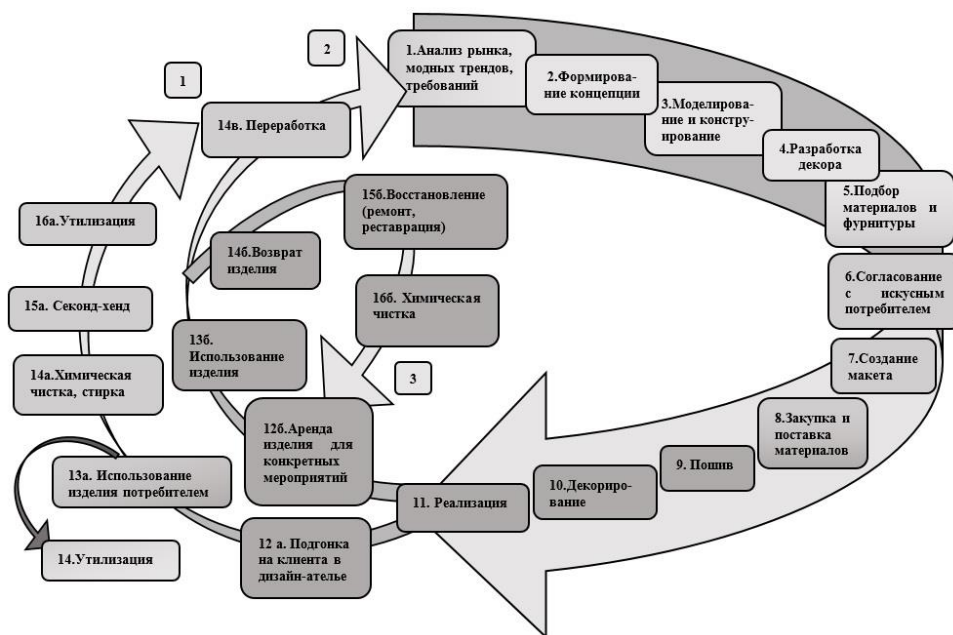


Рис. 2

На рис. 2 располагается модель жизненного цикла изделий "медленной моды". Как видно из нее, первая часть жизненного цикла "медленной моды" состоит из 11 этапов, включающих также, как и траектория "быстрой моды", этапы маркетинговых исследований, проектирования, производства и реализации изделия. Она является общей для двух циклических траекторий. Главным отличием этой части является обязательное присутствие этапов согласования проекта с искусным потребителем и декорирования изделия. Декорирование изделий, его рукотворная отделка, как уже отмечалось выше, занимает продолжительный период времени и является важной составляющей одежды "медленной моды" в индивидуализации потребителя.

Начиная с двенадцатого этапа, жизненный цикл такой одежды может развиваться по двум главным траекториям. Одна из которых представляет долгосрочное использование одежды потребителем с дальнейшей передачей изделий во вторичное пользование другого потребителя через пункты секонд-хенда, Утилизация изделия после использования одним потребителем, конечно, возможна, но это, скорее, как исключительный случай, связанный с полным износом одежды. Вторая траектория цикла,

траектория "б" базируется на многократном краткосрочном использовании изделий различными потребителями и включает в себя этапы его аренды, возврата, реставрации и химчистки. Этот цикл характерен для вариантов с арендой изделий для торжественных мероприятий, случаев и фотосессий. Он включает все случаи сдачи эксклюзивных костюмов в аренду потребителю на кратковременный срок. Этот этап зависит в большинстве случаев от самого потребителя, от его желания и временных рамок. Использование изделия происходит в определенный срок, установленный между арендодателем и потребителем. В любом случае этот этап данной траектории отличается от аналогичного другой траектории по продолжительности.

В процессе использования изделий с рукотворными отделками часто происходят незначительные нарушения целостности внутренней или внешней его поверхности, которые подлежат ремонту. Реставрация – это одна из вариаций ремонта вещей или аксессуаров, которая работает над восстановлением структуры материала и дает возможности его дальнейшего функционального использования. Наличие другого этапа – химической чистки обусловлено ее безопасностью применения к изделиям, вы-

полненных с использованием рукотворных техник их декорирования. После этого этапа траектория возвращается к этапу аренды изделий.

Но следует также отметить, что заданная траектория также может иметь ответвление "в" и заканчивается переработкой материалов на мерный лоскут или вторсырье, а также сортировкой на пригодные и непригодные для дальнейшего использования материалы. Это ответвление также замыкает цикл и на этапе переработки может возвращаться к началу общей траектории в качестве новой сырьевой базы для нее, т.к. отобранные образовавшиеся материалы можно применять в дальнейшем проектировании.

Данное исследование структурирует информацию об этапах развития медленной моды и дает более четкое представление о функционировании современной одежды. В статье сделан акцент на процесс проектирования, без детализации этапа переработки изделий, что требует дальнейшего изучения. Это позволит начинающим дизайнерам более рационально распоряжаться материалами и учитывать при проектировании их дальнейшие преобразования в новые виды одежды.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены и структурированы характерные особенности "медленной моды". Все они представляют собой прямую противоположность особенностям "быстрой моды".

2. Представляемые модели жизненных циклов одежды наглядно демонстрируют принципиальные отличия цикла "медленной моды" от траектории функционирования одежды "быстрой моды". Цикл может развиваться по трем основным траекториям замкнутого характера. Замкнутость первых двух базируется на повторном использовании одежды через пункты секонд-хенда или проката, аренды соответственно, а третий – на переработке используемого текстиля. При этом нельзя полностью исключать и возможность нециклического существования изделий "медленной моды" для отдельно взятых случаев.

3. Еще одним важным отличием в жизненном цикле "медленной моды" является превращение пассивного массового потребителя в "искусного", активно принимающего участие в процессах проектирования, производства и кастомизации, апсайклинге одежды, изделий для него. Это в значительной степени определяет практически полную эксклюзивность изделий "медленной моды".

ЛИТЕРАТУРА

1. Кейт Флетчер Медленная мода в лицах: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.laska-henkel.ru/ru/Главная/laska-переосмысли-моду-целевая-страница/laska-rethink-fashion-relive/кейт-флетчер-о-медленной-моде-и-устойчивом-развитии.cmy.html> (дата обращения: 02.12.2020).

2. Кузнецова А.Н., Морозова Е.В. Жизненный цикл медленной моды и роль инклюзии в нем // Сб. науч. тр. Межд. научн.-техн. конф.: Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы. – М., 2021. С.6...10.

3. Печкунова И.А., Ваниева О.В. Устойчивое потребление и принципы "Медленной моды" в контексте дизайна // Сб. мат. Всерос. научн.-практ. конф. (Дизайн и искусство – стратегия проектной культуры XX века) – М.: Российск. гос. ун-т имени А.Н. Косыгина, 2019. С.91...93.

4. Репецкая А.И. Мода и экология: быстрая и медленная мода в контексте этического потребления // Сб. мат. 19-й Междунар. научн.-техн. конф. по проблемам экологии и безопасности (Дальневосточная весна – 2021). – Комсомольск-на-Амуре, 2021. С.298...300.

5. Наумова Э.Н. Тренд на экологичность: от Fastfashion к SlowFashion? Почему стало модно осознанно потреблять? // Сб. мат. 19-й Междунар. научн.-техн. конф.: Социальная безопасность и социальная защита населения в современных условиях. – Улан-Удэ, 2020. С.104...108.

6. Гурова О.Ю. Время и мода: продолжительность жизни вещей в советском и постсоветском обществе // Шаги/Steps. – 2018, № 3-4.

7. Холл Д. Цифровое кимоно: быстрая мода, медленная мода? // Теория моды: одежда, тело, культура. – М.: Новое литературное обозрение, 2019. №52, ч.2., С. 113...136

8. Модели жизненного цикла информационных систем [Электронный ресурс- URL: <https://en.ppt-online.org/141125> (дата обращения: 14.10.2020).

REFERENCES

1. Slow fashion in faces: Kate Fletcher [Electronic resource] URL: <https://www.laska-henkel.ru/ru/Главная/laska-переосмысли-моду-целевая-страница/>

laska-rethink-fashion-relive/кейт-флетчер-о-медленной-моде-и-устойчивом-развитии.cxy.html (дата обращения: 02.12.2020).

2. Kuznetsova A.N., Morozova E.V. Life cycle of the slow mode and the role of inclusion in it//Sb. scientific Trudov Intl. scientific and technical conf. (Fundamental and applied scientific research in the field of inclusive design and technology: experience, practice and prospects). – Moscow, 2021. P. 6...10.

3. Pechkunova I.A., Vanieva O.V. Sustainable consumption and the principles of "Slow fashion" in the context of design // Sat. mater. Vseros. Scientific-practical. Conf. within the framework of the All-Russian forum is young. Researchers (Design and art - the strategy of the design culture of the XXI century) – М.: Rossiyskiy. state un-t im. A.N. Kosygina, 2019. P. 91...93.

4. Repetskaya A.I. Fashion and ecology: fast and slow fashion in the context of ethical consumption // Sat. mater. 19th Int. scientific and technical conf. on environmental and safety issues (Far Eastern Spring - 2021) – Komsomolsk-on-Amur, 2021. P.298...300.

5. Naumova E.N. Eco-friendly trend: from Fastfashion to SlowFashion? Why has it become fashionable to consume consciously? Sat. mater. 19-th Int. scientific and technical conf. (Social security and social protection of the population in modern conditions). – Ulan-Ude, 2020. P. 104...108.

6. Gurova O.Yu. Time and fashion: the life span of things in the Soviet and post-Soviet society // Steps/Steps. – 2018. № 3-4.

7. Hall D. Digital kimono: fast fashion, slow fashion? // Fashion theory: clothing, body, culture. – М.: New Literary Review, 2019. № 52, part 2. P. 113...136.

8. Life cycle models of information systems [Electronic resource]. URL: <https://en.ppt-online.org/141125> (date of request: 14.10.2020).

Рекомендована кафедрой декоративно-прикладного искусства и художественного текстиля. Поступила 24.08.22.

УДК 687.02

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_200

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ГЕНЕРИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ИСТОРИЧЕСКОГО КОСТЮМНОГО КОМПЛЕКСА*

PARAMETRIC GENERATING OF THE DIGITAL TWIN OF THE HISTORICAL COSTUME

В.Е. КУЗЬМИЧЕВ, Н.А. САХАРОВА, Т.Н. ГРИЩЕНКО

V.E. KUZMICHEV, N.A. SAKHAROVA, T.N. GRISHCHENKO

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: wkd37@list.ru, natal_77@bk.ru, nika_93@list.ru

Виртуальная реконструкция объектов культурного наследия, к которым относится исторический костюм, становится популярной в условиях глобализации и информатизации современного российского общества и формирования государственного каталога музейного фонда Российской Федерации на платформах виртуальной и дополненной реальности. В работе представлены результаты генерирования цифрового двойника исторического костюмного комплекса "парочка" из села Шекиново территории Гавриловского Посада прежде Владимирской губернии (ныне Гаврилов Посад Ивановской области), атрибутированного концом XIX века и состоящего из приталенного жакета типа "казак" на подкладке, и платья, изготовленного из

* Авторы выражают благодарность сотрудникам муниципального казенного учреждения "Гаврилово-Посадский краеведческий музей" за предоставленную возможность работы с аутентичным костюмным комплексом (<https://gposadmuseum.ru/>).

ситца красного цвета с цветочным рисунком. Разработана методика реконструкции исторического комплекса в виртуальной среде и проведена оценка качества виртуальной реконструкции. Методика учитывает толщину пакетов и расположение материалов на поверхности фигуры, включает реконструкцию основных размерных признаков исторической фигуры и разверток деталей одежды и применение количественных критериев для оценки соответствия художественных и конструктивно-технологических решений виртуального двойника реальному аутентичному прототипу из фонда Гаврилово-Посадского краеведческого музея.

Virtual reconstruction of cultural heritage, which include the historical costume, is becoming popular in the context of globalization and informatization of modern Russian society and the formation of the State Catalog of the Museum Fund of the Russian Federation on virtual and augmented reality platforms. The paper presents the results of generating a digital twin of the historical costume complex "parochka" from the Shekshovo village near the Gavrillovsky Posad of the former Vladimir province (now Gavrilov Posad of the Ivanovo region), attributed to the end of the XIX century and consisting of the fitted jacket "cossack" type on the lining and the dress made of red calico with a floral pattern. A method of reconstruction of the historical complex in virtual environment has been developed and the validation of the virtual reconstruction quality has been carried out. The methodology takes into account the thickness of the layers and the location of textile materials on the body surface, includes the reconstruction of the main dimensions of historical body and the flattened clothing parts and the use of quantitative criteria to assess the compliance of artistic, structural and technological solutions of the virtual twin with a real authentic prototype from the fund of the Gavrillovo-Posad Museum of Local Lore.

Ключевые слова: исторический костюм, Гаврилов-Посад, Ивановская область, цифровой двойник, государственный каталог музейного фонда Российской Федерации, айтрекинг.

Keywords: historical costume, Gavrilov Posad, Ivanovo region, digital twin, State Catalog of the Museum Fund of the Russian Federation, eye tracking.

Введение в культурный оборот огромного количества объектов исторических артефактов, восстановление прежде утрачиваемых связей между поколениями и сохранение исторических и национально-культурных традиций стало возможным благодаря современным информационным технологиям. Выполняемая российскими музеями программа по формированию государственного каталога музейного фонда Российской Федерации включает оцифровывание всех экспонатов, находящихся в экспозициях и пока закрытых для посетителей фондах, значительно расширяет культурную базу и создает условия для более

глубоких исследований в разных направлениях [1]. Самым узнаваемым символом малой родины в многонациональной России является костюм с его символикой, культурными кодами и особыми признаками объемно-пространственной формы. Фонды музеев Ивановской области содержат огромное количество исторических костюмных комплексов (ИКК), которые пока не все доступны для обозрения. Расширение доступности исторических артефактов важно именно сейчас в связи с развитием внутреннего туризма в Ивановской области в формате туристско-рекреационного кластера РФ, реализацией проекта "Золотое

кольцо России", перераспределением секторов промышленного производства и формирования имиджа Ивановской области как уникального центра фабрично-равнинной цивилизации [2], [3]. Реконструкция исторического костюма является актуальным направлением деятельности, основу которой составляют результаты мультидисциплинарных исследований в областях конструирования и технологии швейных изделий, текстильного материаловедения, искусствоведения, истории костюма.

ИКК является сложной системой культурных кодов, материализованных под влиянием социокультурных факторов. Понятие "исторический костюмный комплекс" распространяется на материальные объекты, содержащие информацию об использованных художественных и конструкторско-технологических решениях и сформировавших их этническую уникальность: предметы одежды, аутентичные детали и схемы кроя, фотографии, рисунки [4], [5].

Оцифровывание плоских музейных экспонатов (произведений живописи, графики, фотографии, тканей, прикладного искусства и др.) и трехмерных твердотельных объектов (скульптуры, археологических находок, предметов быта и др.) с использованием технологий сканирования не представляет больших сложностей ввиду стабильности их формы. Особую сложность представляет перевод в виртуальную трехмерную среду исторической одежды, поскольку ее окончательная объемно-пространственная форма и целостность восприятия зависят от размеров, пластики и морфологии человеческой фигуры, манеры ношения. Опубликованные источники не содержат методик количественного описания формы и конструкции ИКК: в основном информация представлена в виде аутентичных масштабированных схем кроя, описания внешнего вида и графического контента [6...10]. Результаты проведенного патентного поиска в открытых базах ФИПС [11], espacenet [12], uspto [13], cipo [14], kipo [15] подтвердили, что большая часть регистрируемых результатов интеллектуальной деятельности в области реконструкции исторического костюма позиционирует его

как 2D-объект с ограниченным количеством признаков внешней формы и конструктивных особенностей.

Для точного воссоздания ИКК в 3D-среде необходима расширенная база данных, позволяющая адаптировать морфологию и антропометрию аватара под параметры фигур рассматриваемого временного периода, точно передавать свойства материалов и пакета, технологию сборки деталей и узлов, элементы отделки и декора [16], [17]. Конечно, воспроизвести эти условия в настоящее время невозможно без технологий виртуальной симуляции, искусственного интеллекта и новых баз данных. Цифровые технологии позволят повысить доступность и увеличить зону распространения исторического костюма за счет генерирования 3D-реплик в виртуальной среде и формирования экспозиций нового формата на базе платформ AR/VR [6], [7].

В настоящей работе поставлена цель разработки методики генерирования цифровых двойников на примере бытовавших на территории Гавриловского Посада Владимирской губернии (ныне Гаврилов Посад Ивановской области) ИКК с учетом реконструкции и формализации зависимостей, существовавших в реальной системе "человек – одежда" и их использовании при генерировании виртуальной системы "аватар человека – цифровая одежда".

В качестве объекта исследования выбран женский ИКК из села Шекшово, атрибутированный концом XIX века и состоящий из приталенного жакета типа "казак" на подкладке и платья из ситца красного цвета с цветочным рисунком. Такой комплекс, называемый "парочкой", появился в результате синтеза деревенского и городского костюмов, что характерно для рассматриваемой территории (рис.1). Уникальность этой территории составляют ее историческая дворцовая принадлежность русским царям, расположение на торговых путях, соединяющих Владимир, Нижний Новгород, Москву, Иваново-Вознесенск и другие города, и преимущественное преобладание свободных землепашцев и купцов, торговавших по всей России.



Рис.1

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- выполнена параметризация художественно-конструктивного решения реального ИКК;
- получены аутентичные развертки чертежей деталей жакета и платья;
- восстановлены основные размерные признаки исторической фигуры;
- сгенерирован 3D-цифровой двойник;
- выполнено сравнение цифрового двойника с ИКК.

Методы выполнения работы включали восстановление чертежей модельных конструкций деталей ИКК методом линий развертывания; реконструкцию размерных признаков фигуры по чертежам деталей; моделирование процесса формообразования ИКК путем изучения особенностей взаимодействия фигуры и чертежей деталей и их расположения на поверхности фигуры; учет показателей свойств материалов, состава и толщины пакета, методов соединения деталей. Для параметризации ИКК и генерирования цифрового двойника использованы программное обеспечение CLO3D, CorelDraw X8, чертежные и портновские принадлежности, фотоаппарат Canon EOS 250D Kit.

Реконструируемый ИКК имеет следующие художественно-конструктивные особенности.

Жакет "казак" характеризуется плотно прилегающим силуэтом, расположением линии низа между уровнями талии и бедер фигуры, скрытую под декоративной деталью центральную бортовую застежку на 7 пуговиц и 7 обметанных петель.

Перед имеет две талиевые вытачки. Первая вытачка направлена к центру грудных желез, а вторая вытачка направлена к нижней точке проймы. Боковой шов смещен в сторону спинки. На правую часть переда настроена декоративная отделочная деталь, которая застегивается слева на металлические крючки и петли на уровне линии талии и ниже плечевого шва. Отделочная деталь переда состоит из двух частей разной формы: верхней фигурной и нижней прямоугольной. На нижней части расположены сборки по линии талии и верхнему краю. По контурам обеих частей отделочной детали настроена декоративная тесьма.

Спинка имеет средний шов и два рельефных шва с сильным расширением ниже талии к низу по типу годе.

Рукав "окорок", втачной двухшовный повторяет анатомический изгиб руки между плечом и предплечьем.

Воротник-стойка имеет высоту 2 см, застегивается на одну пуговицу и одну обметанную петлю.

Платье имеет трапециевидный силуэт и застегивается посередине детали кокетки переда. Линия горловины круглая. Кокетка переда расположена на уровне груди. Спинка имеет рельефные вертикальные швы из линии проймы и шов по линии талии.

Юбки переда и спинки имеют прямоугольную форму, со сборками вдоль швов притачивания к переду и спинке. Юбка спинки имеет плотные складки "грибчатка". В боковых швах закреплены тесемки, завязывающиеся спереди.

ИКК изготовлен из ситца с мелким цветочным рисунком. Толщина материалов 0,1...0,2 см.

Реконструкция чертежей деталей

Для получения разверток деталей определяли направление в них нити основы и параллельно измеряли все детали таким образом, чтобы в дальнейшем можно было расположить их в базисной сетке чертежа и найти координаты реперных (угловых) точек деталей [16] подобно антропометрической сети фигуры [17].

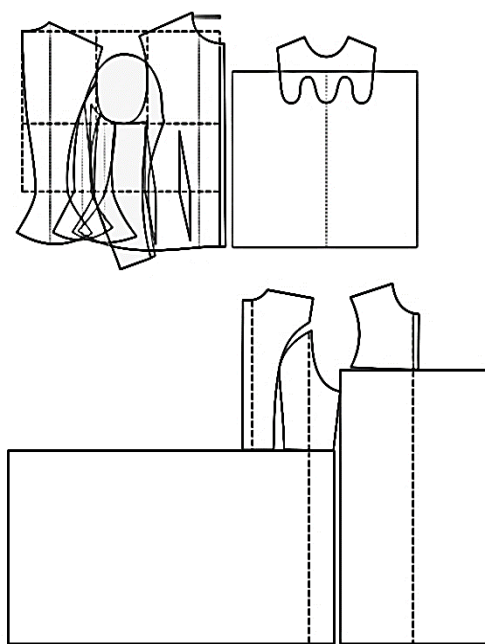


Рис. 2

Построение начинали с детали переда, которую укладывали на плоскость чертежа согласно направлению нити основы ткани и определяли координаты ее опорных точек. Затем последовательно с соблюдением направления нити основы укладывали боковые и центральную части спинки, обеспечивая непрерывность линии проймы. После измерений вертикальных и горизонтальных величин воспроизводили контурные линии деталей. На рис.2 представлены реконструированные детали кроя жакета и платья, которые являются основой для виртуального проектирования и генерирования цифрового двойника ИКК.

Реконструкция технологии соединения и формообразования

Детали из основного материала и детали из подкладочного материала в ИКК идентичны друг другу, но выкроены из разных

материалов. Форма годе в нижней части жакета получена за счет использования жесткой бортовой льняной ткани, расположенной между деталями из основного и подкладочного материалов. Рукава, соединенные с подкладкой, втачаны в закрытую пройму с формированием сборки по окату. Особенности ИКК являются использованием в платье частых складок (грибатки) [18] и сочетание ручных и машинных строчек. Прикрепление декоративных элементов (декоративной тесьмы контрастного цвета, бантов, хлопчатобумажного кружева), выполнение грибатки, обметывание петель и некоторых сложных стачивающих операций выполнены вручную.

Состав пакета материалов и расположение дополнительных слоев составили базу данных для выбора показателей свойств цифровых двойников материалов и элементов, которые необходимы в виртуальной среде для увеличения показателей жесткости и симуляции дублирования.

Реконструкция размерных признаков фигуры

Размерные признаки исторической женской фигуры, на которую был сконструирован ИКК, были восстановлены на основе следующих измерений жакета по аналогии со схемой, использованной для реконструкции мужской одежды [19]:

1) ширины стана вдоль линий $O_{ГЗ}$ и O_T с учетом прибавок на толщину пакета материалов ($P_{ТМ}$) и свободу движения;

2) размеров участков с нулевой или известной прибавкой на толщину материалов $P_{ТМ}$: длины горловины, равной ($O_{Ш} + P_{ТМ}$) и длины спинки до линии талии, равной ($D_{ТС} - P_{ДТС}$), где $P_{ДТС}$ – прибавка к размерному признаку "Длина спины до талии".

Для вычисления прибавок использовали графоаналитический метод. Прибавки на толщину пакета материалов вдоль линий $O_{ГЗ}$, O_T , $O_Б$, $O_{Ш}$ и размерные признаки исторической фигуры определяли по формулам:

$$P_{ТМ} = 3,14t_{М}, \quad (1)$$

$$P_{П} = I_{ИКК} - P_{ТМ}, \quad (2)$$

где t_m – толщина материала или пакета материалов, см; РП – размерный признак исторической фигуры, см; И_{ИКК} – результат измерения в ИКК, см.

На рис. 3 приведена структура пакета материалов на горизонтальных сечениях и вертикальном саггитальном сечении. Результаты измерений на уровнях Ош, Ог и От приведены в табл.1 в соответствии с рис.3. Из-за различного состава пакета материалов спереди и сзади фигуры значения P_{tm} , рассчитанные по формуле (1), различны, что отражено в табл.1.

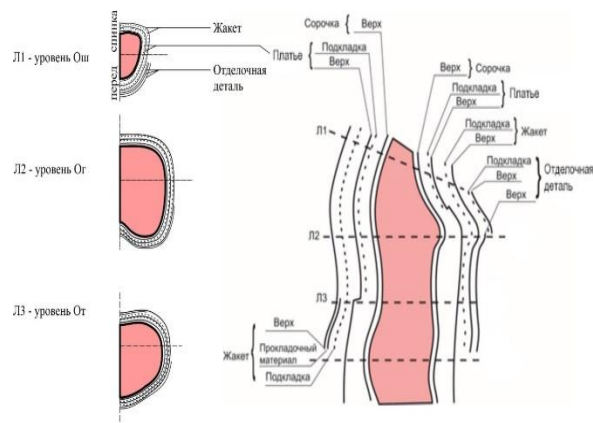


Рис. 3

Таблица 1

Участок (рис.3)	Деталь	Величина P_{tm} , см	Наименование размерного признака	Измерения ИКК, см	Размерный признак исторической фигуры РП, см
Л1	Спинка Перед	1,4 2,0	Обхват шеи Ош	33	30,2
Л2	Спинка Перед	1,4 1,4	Обхват груди Ог	88	85,2
Л3	Спинка Перед	1,6 1,4	Обхват талии От	79	76
			Длина спины до талии Дтс	32,5	

На фотографических изображениях платья и ИКК на манекене с обхватом груди 84 см, которые были приведен к одному масштабу, нанесены основные конструктивные уровни ИКК (груди, талии и через шейные точки сбоку и спереди), показанные на рис. 3 в виде сплошных линий. Относительно этих уровней были позиционированы разные варианты фигур и выбрана женская фигура, у которой расположение антропометрических уровней (пунктирные линии) совпадает с конструктивными уровнями, как и на манекене, за исключением уровня линии талии, которая в ИКК завышена: так был сформирован принцип определения ближайшего исторического аналога.

Размерный вариант исторической фигуры определяли, ориентируясь на значения прибавок и размерные признаки типо-

вой фигуры согласно ГОСТ 17522–72 [20]. Размерные признаки исторической фигуры, для которой был предназначен ИКК, приведены в табл.2.



Рис. 4

№	Наименование и символ размерного признака	Результаты измерения жакета		Значение размерного признака ближайшей типовой фигуры		Прибавки П к размерным признакам, см
		исходные	за вычетом Птм			
1	Рост Р	-		155		
2	Обхват шеи Ош	33,0	30,2	34,0	34,3	-1
3	Обхват груди Ог	88,0	85,2	80,0	82,0	6 - 8
4	Обхват талии От	79,0	76	62,5	64,4	4,6 - 6,5
5	Обхват бедер Об			86,0	88,0	
6	Длина спины до талии Дтс	32,3		35,9	36,0	-3,7
7	Ширина плечевого ската Шп	12,5		12,1	12,2	0,3 - 0,4
8	Ширина груди Шг	30,0		29,8	30,0	0,2
9	Ширина спины Шс	29,6		32,6	33,5	-3

Генерирование цифрового двойника ИКК

Значения размерных признаков исторической фигуры после их редактирования с учетом данных табл.2 были использованы для генерирования аватара в программе трехмерного проектирования CLO3D. Развертки деталей ИКК были оцифрованы и импортированы в программу. Виртуальное сшивание на аватаре осуществляли полойно: сначала сшивали платье, а затем жакет. Для жакета дополнительно имитировали внутренний слой подкладки. Участок жакета от линии талии до линии низа дополнительно дублировали для обеспечения лучшего формообразования. В качестве цифрового двойника исторического ситца использовали Muslin_28x36: волокнистый состав 100% хлопок, поверхностная плотность 137 г/м², толщиной 0,1 см. Для проверки соразмерности виртуальных чертежей аватару фигуры использовали метод кафедры КШИ [21]. Генерирование цифрового двойника ИКК выполнено с размером ячейки сетки mesh 5. После сшивания виртуальных деталей (лекал) на них был наложен рисунок, полученный путем фотографирования фрагмента ткани аутентичного материального ИКК (рис. 5). Разработка

3D-модели выполнена аспирантом кафедры КШИ Суровой М.А.



а)

б)

Рис. 5

Валидация цифрового двойника

Валидацию цифрового двойника ИКК, т.е. проверки идентичности его внешнего вида историческому прототипу, проводили дважды: графическим методом и с помощью экспертного сенсорного анализа.

Для валидации цифрового двойника графическим методом было выполнено масштабирование изображений ИКК и цифрового двойника путем их приведения к одному размеру и совмещения фронтальных проекций (рис. 5). После совмещения видны некоторые отличия между контурами. Одной из причин расхождения является особенность и ресурсы программы

CLO3D: в программе детали одежды соединяют встык, а такая схема не учитывает изгиб ткани в местах соединения, характерного для всех швов ИКК. Во-вторых, наличие шва изменяет жесткость конструктивного участка. Хотя при генерировании цифрового двойника искусственно повышали жесткость в местах соединения с помощью инструментов SeamTaping и Bond, но повторить технологию исторической обработки не представилось возможным ввиду неопределенности конечных условий. В-третьих, качество визуализации во многом определяется идентичностью показателей свойств цифровых материалов из библиотеки программы и реальных материалов, которые отличаются от исторических тканей ввиду необратимых изменений во время длительного хранения и которые невозможно точно параметризовать. В-четвертых, на реалистичность реконструкции также влияет параметр коллизии (в данном исследовании он был равным 0), а также размер сетки меша. В-пятых, в программе симуляции заложена линейная пропорциональная зависимость между усилием растяжения и деформацией цифрового материала, однако для реальных тканей характерны нелинейные зависимости и явление остаточных деформаций. Несмотря на перечисленные причины видимых на рис.5 несоответствий, в целом цифровой двойник ИКК имеет схожую объемно-пространственную форму на фронтальной проекции.

Вторая оценка для проверки соответствия внешнего вида сгенерированного цифрового двойника реальному ИКК была получена с использованием экспертного нейropsихического метода по технологии eye-tracking на приборе Tobii [22]. Комплект Tobii Pro Glasses 2 Live View 50 включает в себя переносной трекер Tobii Pro, очки Tobii Pro Glasses 2 и программное обеспечение, позволяющее в режиме реального времени обозначить зоны внимания привлеченных экспертов, определить различия между аналогичными объектами – материальным ИКК при естественном освещении и его цифровым двойником на нейтральном фоне. В эксперименте участвовали 10 экспертов, а перед началом экс-

перимента каждому эксперту подробно объяснено задание [3]. На одинаковом фоне экрана монитора были спроецированы аутентичный ИКК и его цифровой двойник (рис. 5-а). Показателем оценки была тепловая карта, представляющая собой набор цветных пятен зеленого, желтого и красного цвета на поверхности изображения, на которые эксперт смотрел: зеленый цветом определяет наименее просматриваемые зоны, красный – зоны повышенного интереса (рис. 5-б).

На рис.5-б видно, что топография тепловых карт для обоих объектов одинакова. Результаты эксперимента при необходимой согласованности мнения экспертов (расчетный коэффициент конкордации $W_{расч}=0,7$ больше табличного значения $W=0,6$) показали, что зоны наибольшего внимания расположены на отделочной детали переда в области талии.

Таким образом, результаты оценки подтвердили возможность виртуальной визуализации исторических костюмных комплексов за счет формирования необходимой и достаточной базы данных.

ВЫВОДЫ

1. Изучены особенности художественного и конструктивно-технологического решения женского исторического костюмного комплекса "парочка" конца XIX века из села Шекшово Гаврилово-Посадского района Ивановской области. Сформирована база данных, необходимых для его виртуальной симуляции.

2. Сгенерирован цифровой двойник женского исторического костюмного комплекса.

3. Разработана методика получения трехмерных цифровых двойников исторических костюмных комплексов, использующая в качестве исходных данных толщину пакетов материалов и их расположение на поверхности фигуры, величины конструктивных прибавок, реконструированные развертки деталей одежды, основные размерные признаки исторической фигуры и средства для оценки соответствия художественных и конструктивно-технологичес-

ких решений виртуального двойника реальному аутентичному прототипу.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСКАТАЛОГ.РФ [Электронный ресурс] URL: <https://goskatalog.ru/portal/#/>
2. Иваново – центр равнинно-фабричной цивилизации [Электронный ресурс] URL: <https://strelkamag.com/ru/article/ivanovo-ru>
3. Разработка методики прогнозирования внешнего вида женских блузок [Электронный ресурс] URL: <https://ds.ivgpu.com/dissertations/87>
4. Пармон Ф.М. Русский народный костюм как художественно-конструкторский источник творчества. – М.: Легпромиздат, 1994.
5. Васильев А.А. Европейская мода. Три века. – М.: СЛОВО/SLOVO, 2006.
6. Kuzmichev V., Moskvina A., Surzhenko E., Moskvina M. Computer reconstruction of 19th century trousers // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2017, 29 (4). P.594...606.
7. Москвин А.Ю. Разработка информационного проектирования одежды с историческим кроем // Интернет-журнал "Науковедение". – 2014, №2 (21). Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/16TVN214.pdf>, свободный.
8. Кузьмичев В.Е., Сахарова Н.А., Корнилович А.В. и др. Проектирование цифровых двойников исторических систем // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 6. С. 9...15.
9. Москвин А.Ю. Свидетельство о гос. регистрации базы данных РФ № 2017621044 База данных кроя женской одежды 19 века // официальный бюллетень "Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем". правообладатель СПГУТД. – Заявл. № 2017620767 от 18.07.17
10. Sizing in clothing. Developing effective sizing systems for ready-to-wear clothing. Edited by S.P. Ashdown. – Cambridge, England, Woodhead Publishing Textiles, 2008.
11. ФИПС [Электронный ресурс] URL: <https://www.fips.ru/>
12. Espacenet [Электронный ресурс] URL: <https://worldwide.espacenet.com/>
13. Uspto [Электронный ресурс] URL: <https://www.uspto.gov/>
14. Cipo [Электронный ресурс] URL: <https://ic.gc.ca/eic/site/cipoInternet-Internetopic.nsf/eng/Home>
15. Kipo [Электронный ресурс] URL: <https://www.kipo.go.kr/en/MainApp?c=1000>
16. Кузьмичев В.Е., Ахмедулова Н.И., Юдина Л.П. Основы теории системного проектирования костюма. – М.: Изд-во Юрайт, 2018.
17. ЦОТШЛ. Единый метод конструирования женской одежды, изготавливаемой по индивидуальным заказам населения на фигуры различных типов телосложения. Основы конструирования плечевых изделий. Часть I. – М.: ЦБИТИ, 1982.

18. Национальный туристический портал [Электронный ресурс] URL: <https://russia.travel>

19. Чжан Ш., Кузьмичев В.Е. Получение цифровых двойников мужских фигур по изображениям и чертежам конструкций исторической одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №2. С.106...113.

20. ГОСТ 17522–72. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды (с Изменением №1).

21. Ся П., Кузьмичев В.Е. Прогнозирование качества чертежей на виртуальных двойниках женских фигур // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №4. С.121...127.

REFERENCES

1. GOSKATALOG.RF [Electronic resource] URL: <https://goskatalog.ru/portal/#/>
2. Ivanovo is the center of plain-factory civilization [Electronic resource] URL: <https://strelkamag.com/ru/article/ivanovo-ru>
3. Development of method of women blouses outlook predicting [Electronic resource] URL: <https://ds.ivgpu.com/dissertations/87>
4. Parmon F.M. Russian folk costume as an artistic and design source of creativity. – М.: Legpromizdat, 1994.
5. Vassiliev A.A. European Fashion. Three centuries. – М.: СЛОВО/SLOVO, 2006.
6. Kuzmichev V., Moskvina A., Surzhenko E., Moskvina M. // Computer reconstruction of 19th century trousers // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2017, 29 (4). P.594...606.
7. Moskvina A. Development of information design of clothing with historical cut // Online-journal "NAYKOVEDENIYE". – 2014, №2 (21). Access: <http://naukovedenie.ru/PDF/16TVN214.pdf>.
8. Kuzmichev V.E., Sakharova N.A., Kornilovich A.V. et al Designing the digital twins of historical "figure - suit" systems // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 6. С. 9...15.
9. Moskvina A. Certificate of state registration of the database of the Russian Federation No. 2017621044 Database of women's clothing of the 19th century//official bulletin "Programs for computers. Databases. Integrated Circuit Topologies." Image copyright SPGUTD. – Stated. № 2017620767 от 18.07.17
10. Sizing in clothing. Developing effective sizing systems for ready-to-wear clothing. Edited by S.P. Ashdown. - Cambridge, England, Woodhead Publishing Textiles, 2008.
11. FIPS [Electronic resource] URL: <https://www.fips.ru/>
12. Espacenet [Electronic resource] URL: <https://worldwide.espacenet.com/>
13. Uspto [Electronic resource] URL: <https://www.uspto.gov/>
14. Cipo [Electronic resource] URL: <https://ic.gc.ca/eic/site/cipoInternet-Internetopic.nsf/eng/Home>

15. Kipo [Electronic resource] URL: <https://www.kipo.go.kr/en/MainApp?c=1000>

16. Kuzmichev V.E., Ahmedulova N.I., Udina L.P. The theoretical principles of systematic clothing design. – M., Publishing House Uright, 2018.

17. COTSHL. Universal method of women's clothing pattern making made according to individual orders of the consumers for bodies with different morphology. The basic of shoulder clothing pattern making. Part I. – M.: CBTI, 1982

18. National touristic portal [Electronic resource] URL: <https://russia.travel>

19. Zhang Sh., Kuzmichev V.E. Reconstruction of men digital twin from images and pattern blocks of historical costume // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh

Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №2. P.106...113.

20. GOST 17522-72 Typical female bodies. Body sizes for clothing design (с Изменением №1)

21. Xia P., Kuzmichev V.E. Prediction of clothing fit by means of digital twin of female bodies // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №4. С.121...127.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 23.08.22.

УДК 677.851.1.001.76

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_209

ВОСТОЧНЫЙ ХАРАКТЕР ДИЗАЙНА ТКАНЕЙ ТАШКЕНТСКОГО ТЕКСТИЛЬНОГО КОМБИНАТА (30-е и 40-е ГОДЫ XX ВЕКА)

ORIENTAL CHARACTER OF FABRIC DESIGN OF THE TASHKENT TEXTILE MILL (THE 30s AND 40s OF THE XX CENTURY)

*Б.П. ТОРЕБАЕВ, З.И. РАХИМОВА, А.Н. КЕНЖЕБАЕВА
Н.Р. ОФИЦЕРОВА, М.А. АБУОВА, Ж.Е. ДОСКАРАЕВА*

*B.P. TOREBAEV, Z.I. RAKHIMOVA, A.N. KENJEBAEVA,
N.R. OFITSEROVA, M.A. ABUOVA, J.E. DOSKARAEVA*

**(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)**

**(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan,
Tashkent Textile and Light Industry Institute, Republic of Uzbekistan)**

E-mail: b.torebaev@ mail.ru

Статья посвящена восточному характеру дизайна тканей Ташкентского текстильного комбината (30-е и 40-е годы XX века). В статье изложены процессы производства хлопчатобумажных тканей русскими фабрикантами, с учетом вкусов народов Востока. Показано отличие тканей, изготовленных и ввозимых в Среднюю Азию. Дано понятие термина "белое золото". Описано строительство Ташкентского текстильного комбината и пуск его отделочной фабрики. Рассмотрен тематический рисунок в традиционных ивановских сатинах и ситцах. Рассмотрена работа художников Ташкентского текстильного комбината из России под влиянием народного искусства Узбекистана. Рождение тенденции, выразившейся в лозунге: "Искусство в производство". Показано привлечение к работе по созданию текстильного рисунка местных народных мастеров. Рассмотрено художе-

ственное оформление тканей Ташкентского текстильного комбината, которое сочетало в себе восточные традиции с ощущением тенденций своего времени. Показаны процессы в дизайне тканей, направленные на переход к концепции национальной идентичности.

The article is devoted to the oriental character of fabric design of the Tashkent Textile Mill (the 30s and 40s of the XX century). The article describes the production of cotton fabrics by Russian manufacturers, taking into account the tastes of the Eastern population. The difference between their fabrics manufactured and imported to Central Asia is shown. The concept of the term "white gold" is given. Construction of the Tashkent Textile Mill and the launch of its finishing factory is depicted. Thematic drawing in traditional Ivanovo satins and chintz for the Soviet East is studied. Inspiration of Tashkent Textile Mill artists from Russia by folk art of Uzbekistan is paid attention. The birth of a trend expressed in the slogan: "Art in production." Involvement of local folk craftsmen in the creation of textile drawings is shown. The artistic design of the fabrics of the Tashkent Textile Mill, which combined oriental traditions with a sense of modernity of their time is taken into consideration. The processes in the design of fabrics aimed at the transition from an outdated ideology to the concept of national identity are described.

Ключевые слова: "кашемировый" рисунок, "ковровый орнамент", "занденечи", "хан-атлас", мануфактура "Эмиль Циндель", "белое золото", крок, сузана, космополитичность.

Keywords: "cashmere" pattern, "carpet ornament", "zandenechi", "khan-atlas", Emil Tsindel manufactory, "white gold", krok, suzane, cosmopolitanism.

Малоизученной областью истории текстильного искусства Узбекистана остаются традиции и инновации не только ткацкого, но и набивного узора начала XX и XXI веков. Вопрос изучения состояния этого производства в рассматриваемый период (не только его технических и технологических аспектов, ассортимента тканей, терминологии орнаментальных узоров, но и в целом художественной ценности для своего времени) нуждается в осмыслении, так как без изучения прошлого и без осмысления настоящих достижений невозможно определить будущие задачи. Эта и остается на сегодня актуальной научной проблемой.

В последнее время о восточном качестве дизайна говорят всерьез. Мир высокой моды с интересом смотрит на загадочный, яркий и мудрый Восток. Сегодня Европа едет за идеями в Азию. Она их получает и одновременно питает восточную фэшн-культуру своими идеями. Происходит такое взаимопонимание и взаимообогащение,

и эта космополитичность находит отражение в costume [1, с. 7]. Например, в коллекциях многих современных европейских дизайнеров, в частности Кристиан Лакруа, практически всегда присутствуют не только европейские, но и восточные растительные мотивы.

Восточные мотивы были характерными для украшения ивановских ситцев еще в XIX веке. Традиционным был в их художественном оформлении "кашемировый" рисунок с тончайшим узором в виде "огурцов", ажурно разработанными цветами, ветками. Есть еще в их дизайне так называемый "ковровый орнамент", узоры, заимствованные из туркестанских тканей "занденечи" и "хан-атлас" (рис. 1 – "Пятиконечная звезда", соседствующая с цветами и бутонами хлопка. Автор неизвестен) Это свидетельство фрагментов тканей восточных стран, в частности бухарского эмирата, сохранившиеся до наших дней в коллекциях Государственного Эрмитажа, Музея искус-

ств народов Востока, в Музее тканей МГТУ имени А.Н. Косыгина, а также в Ивановском музее ситца.



Рис. 1

В конце этого столетия мануфактура "Эмиль Циндель" царской России имела филиалы, склады в Ташкенте и Коканде. Русские фабриканты, непосредственно связанные с купцами, стали производить хлопчатобумажные ткани с учетом вкусов местного населения. Изготовленная для Востока и ввозимая в Среднюю Азию эта готовая натуральная текстильная продукция, отличающаяся декоративностью, цветочными мотивами, сочностью и большой прочностью красок, быстро завоевала симпатии местного населения.

Поиски нового в творчестве художников текстильного рисунка послереволюционного периода хорошо видны на примерах самых традиционных тканей, например, сатинов для Средней Азии, вырабатываемых на Фабрике им. рабочего Ф. Зиновьева. Широкая, смелая живопись художника А.П. Миллионова вносила новое в традиционные "азиатские" рисунки с крупными декоративными мотивами. В оформлении тканей наряду с розами появляются новые растительные мотивы – цветы яблони, хлопка, настурции, георгинов и т.д. Если прежде они в какой-то степени выглядели условными и нарочитыми, то теперь восточный характер придавался орнаменту вполне сознательно, сами узоры уже не носили отвлеченного характера, а восходили к конкретным образцам.

В ассортименте и рисунках знаменитых ивановских ситцев этого времени продолжала сохраняться ориентация не только на местный рынок, но и на советский и зарубежный Восток. Для изучения восточного

рынка (традиционного потребителя ивановских тканей) художники, во главе с мастером текстильного рисунка Анатолием Петровичем Леоновым ездили в Ташкент, Бухару, Хиву и другие города Средней Азии.

Поэтому, так называемые декоративные ткани, выпускавшиеся для Средней Азии художником текстильного рисунка П.Г. Леоновым, имели крупномасштабные цветочные узоры по цветному фону. В своих работах художник часто использовал активный темно-синий и ярко-красный фон, на котором мотив в силу цветового контраста приобретал подчеркнутую декоративность. Автор хорошо чувствовал динамическую силу цветного фона и превосходно согласовывал с ним четкую графическую определенность реалистических форм цветка.

Основной хлопковой республикой бывшего Союза всегда была Узбекская ССР, которая давала для огромной страны более 60% всего сбора "белого золота". "Белое золото" – так называли хлопок. Такое образное выражение отражает ценность волокна, его замечательные качества, его важнейшую роль не только для текстильной, но и ряда других отраслей промышленности.

18 февраля 1932 г. в СССР приняли постановление о сроках строительства, монтажа и сдачи в эксплуатацию гиганта легкой промышленности на Востоке – Ташкентского текстильного комбината, который стал первым в Средней Азии с законченным циклом производства. В то же время это была первая ситцепечатная фабрика в бывшем Союзе, построенная после революции.

Изготовление рисунков для нового текстильного предприятия было поручено Центральной художественной мастерской в г. Иванове и велось под руководством упомянутых выше художников А. Г. Голубева, П. Г. Леонова, хорошо знавших вкусы среднеазиатских потребителей. К началу пуска отделочная фабрика или, как ее тогда называли ситцепечатная фабрика Ташкентского текстильного комбината, имела сто рисунков для тканей, награвированными на медные валы [2, с. 29].

Агиттекстиль – необычное явление в искусстве советской промышленности 20-30-х годов прошлого века. Агитационное искусство этого времени активно использовало узнаваемые изображения предметов "нового быта" с целью агитации идеалов нового времени. В орнаменте это прежде всего выразилось в текстильном рисунке [3, с.4]. Тематический рисунок в традиционных ивановских многовальных сатинах и ситцах для Советского Востока, в частности, Средней Азии, был в основном попыткой художников найти компромисс между новым содержанием и старой формой. Первые попытки найти новые решения в ситцах и сатинах заключались в механическом включении советской символики в привычный цветочный узор. В дизайне ткани стали преобладать такие темы, как "Строительство", "8 марта – Международный женский день", "Авиация", "Спортсмены", "Пионеры", "Колхозницы" и т.п. Изображения не только целых сцен, но и геральдики: пятиконечная звезда, серп и молот, а также орудия труда, спорта и других предметов: тракторы, косилки, шестерни, колеса и т.п., соседствовали в тканях с различными цветами, в том числе цветами и бутонами хлопка (рис. 2 – абровый рисунок, полученный способом набивки. Автор М. Арсланов). Такие рисунки в стране Советов были модными. Однако нельзя утверждать, что эти ткани нравились потребителям, поскольку текстильные изделия были украшены непривычными производственными мотивами [4, с. 333].



Рис. 2

В 30-е годы одним из излюбленных растительных мотивов были не только цветы и бутоны хлопка, но и изображение самого хлопка. И в 1934 г. А. Голубев подготовил крок (эскиз будущих тканей) с подобным рисунком. Это была его первая творческая работа для ситца в Ташкентском текстильном комбинате. Красивые формы хлопка читаются легко. Мелкие белые коробочки пышного хлопка и красные резные листья расположились на синем фоне. Тональная разработка способом пико оживляет сдержанную цветовую палитру. Скромный по расцветке двухвальный рисунок печатался без затруднения.

Сложение стиля оформления тканей нового предприятия – Ташкентского текстильного комбината – происходило в благоприятной в художественном отношении обстановке. Советский текстиль становится на путь органичного развития. На Ташкентском текстильном комбинате уже работали художники из крупнейших текстильных центров страны: Москвы, Серпухова, Иванова. Мастера русского ситцепечатания А.Г. Голубев, М.С. Тихомиров, Е.П. Повстаный и другие. Одни из них, как А. Голубев, как было выше отмечено, был знаком с узбекским народным искусством. Если он всю жизнь занимался созданием тканей для Средней Азии, то другие знакомы с ними впервые. Но они начинали свою творческую деятельность на комбинате с изучения богатейшего наследия узбекского прикладного искусства и из своих поездок в Бухару, Самарканд, Маргилан, Андижан привозили массу зарисовок, которые использовали в своих эскизах [5, с.59,60].

Художников из России особо интересовали национальные вышивки Узбекистана. Например, рисунки, исполненные для сатинов 1937-38 гг. А. Голубевым и Е. Повстаным, навеяны сказочно прекрасными узорами сюзана (народная вышивка). На одной из этих хлопчатобумажных тканей профильные изображения многочисленных цветов расположились в раппортном повторении, на другой – три ряда крупных розеток, повторяющих рисунок каймы вышивки. Таким образом, восприняв от

народной вышивки середины XIX в. такие черты, как внутреннюю динамичность форм, живость линий и ритма, плоскостную манеру изображения, мажорный колорит, эти художники подчинили их задачам художественного оформления современных тканей для своего времени.

Особенностью художественной жизни 30-х годов стало рождение тенденции, выразившейся в лозунге: "Искусство в производство", что вызвало обращение художников смежных видов искусств – живописи и графики – к прикладному искусству. В эти годы в области прикладного искусства работали известные художники Узбекистана: У. Тансыкбаев, Ч. Ахмаров, З. Ковалевская и многие другие. В свою очередь приходят в художественную промышленность и начинают свою творческую деятельность в содружестве с художниками Ташкентского текстильного комбината и народные мастера.

Привлечение к работе по созданию текстильного рисунка бесспорных знатоков традиционного искусства – народных мастеров, а также участие в открытых конкурсах по созданию рисунков для тканей широких кругов общественности – от известного живописца У. Тансыкбаева до самодельных художников принесло свои положительные результаты. Ткани предприятия тех лет отличались свежестью и своеобразием творческих решений.

В сороковые годы XX века в среде советских художников уважение к узорам древности и восхищение ими как законченными произведениями искусства стало укрепляться. Это исключило из их творческой деятельности стремление улучшить традиционный орнамент путем более "чистого" его исполнения на современной ткани. Рукотворная красота была окончательно осознана как художественное качество. Такой творческий подход к работе был новым явлением в дизайне текстиля. Таким образом, сороковые годы прошлого века характеризуются возросшим интересом к народному искусству, национальной культуре. Этот интерес нашел отклик и в художественном оформлении тканей Ташкентского текстильного комбината.

Здесь ведется работа художников над созданием набивных тканей национального характера.

Популярность в народе Узбекистана традиционных тканей толкнула художников к поискам новых технических приемов орнаментации абровыми рисунками хлопчатобумажных тканей массового потребления (сатин, ситец, бязь), предназначенных для стеганых одеял (курпа), занавесей и т.п. Таким образом, наряду с пышными цветочными мотивами, решенными в традициях ивановских тканей, создавались новые красочные рисунки, не только навеянные узбекскими народными вышивками, но и абровыми тканями, набойками, росписью.

Начало возникновения механического печатания абровых рисунков на ситцах относится еще ко второй половине XVIII века, когда иваново-вознесенские фабрики использовали для своих текстильных полотен узоры бухарских тканей [6, с.450]. А. Голубев решил использовать традиции художественного оформления узбекских абровых тканей для ситцепечатания на Ташкентском текстильном комбинате. К этому делу он подходил творчески. Не повторяя узора, не имитируя техники перевязки, художник брал за основу общее эмоциональное впечатление от абровых шелков и свободно компоновал свой узор как игру цветовых пятен, выразительно найденных по форме и сочетанию. Работы художников комбината, созданные на основе народного творчества, передавали ощущение непосредственности и праздничности. Однако больших удач при подобной имитации эффекта, создаваемого иной технологией, быть не могло.

В послевоенные годы на этом предприятии механическая набивка абровых рисунков вновь получила развитие по инициативе художника текстильного рисунка М. Арсланова. Однако способ печати не дал таких положительных результатов, свойственных орнаменту абровых тканей ручного производства, как мягкие очертания узоров при отсутствии переходных тонов между цветами одной гаммы. Подобный способ, по словам П.С. Сиддикова "...дает более резкие контурные очертания

узоров и вызывает полное отсутствие переходных тонов между цветами одной гаммы. Получение абрового рисунка путем набивки не способно передать ту неповторимость своеобразных расплывчатых контуров рисунка, удивительный ритм и музыкальность, которую сообщает орнамент абровых тканей ручного производства" [7, с.10]. Несмотря на это, хлопчатобумажные ткани с абровыми узорами на местном рынке пользовались большим спросом.

Итак, 1930-е и 1940-е годы в истории текстиля бывшего Союза характеризуются огромной разницей в художественном оформлении тканей, перешедшего на другой путь, основанный на лучших традициях прошлого. Выпускаемые ткани Ташкентского текстильного комбината в это время, неся определенные национальные черты, в целом имели много общего по ассортименту и по оформлению с продукцией других текстильных предприятий страны. Эта общность определялась единой художественной линией развития советского текстильного искусства. Таким образом, художественное оформление тканей Ташкентского текстильного комбината 30-х и 40-х годов прошлого века поистине выдающееся явление в искусстве текстиля. Оно удивительным образом сочетает в себе высокие восточные традиции с живым ощущением современности своего времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галина Выборнова. Восток дело томное. ЭК 3188. От 17 октября 2018. С. 7.

2. Никитина Л.Л., Сакиев А., Файзуллаев А. Здесь наша судьба. – Т.: Узбекистан, 1984. С. 29.

3. Бесчастнов Н.П. Художественный язык орнамента. – М.: Гуманитарн. изд. центр ВЛАДОС, 2010. С.4

4. Торебаев Б.П., Рахимова З.И. Агиттекстиль в дизайне абровых тканей // Мат. Междунар. конф. – Монреал, Канада, Октябрь, 2021. С. 333.

5. Фахретдинова Д.А. Декоративно-прикладное искусство Узбекистана. – Ташкент: Изд-во литературы и искусства им. Г. Гуляма, 1972. С. 59,60.

6. Торебаев Б.П., Рахимова З.И. и др. Механическая набивка абровых рисунков на ткани Ташкентского текстильного комбината // Мат. Междунар. научн.-практ. конф. – Хьюстон, США. Ноябрь 2021. С. 450.

7. Сиддиков П.С. Основы создания технологии и оптимизация процессов при изготовлении национальных абровых тканей. – Ташкент, 2017. С. 10.

REFERENCES

1. Galina Vybornova. The East is a languid. EC 3188. From October 17, 2018. P. 7.

2. Nikitina L.L., Sakiev A., Fayzullaev A. Here is our destiny. – T.: Uzbekistan, 1984. P. 29.

3. Beschastnov N.P. The artistic language of ornament. Study guide. – M., 2010.

4. Torebaev B.P., Rakhimova Z.I. Agitational textile in the design of abrov fabrics. Materials of the International Conference. – Montreal, Canada, October, 2021. P.333.

5. Fakhretdinova D.A. Decorative and applied art of Uzbekistan. Publishing House of Literature and Art named after G. Gulyam, Tashkent – 1972. P. 59,60

6. Torebaev B.P., Rakhimova Z.I. and others. Mechanical stuffing of abrov drawings on the fabric of the Tashkent Textile Mill. Materials of the International Scientific and Practical Conference. – Houston, USA. November 2021. P. 450.

7. Siddikov P.S. Fundamentals of technology creation and optimization of processes in the manufacture of national carpet fabrics. – Tashkent, 2017. P. 10.

Поступила 05.10.22

**ФЭШН-ДИЗАЙН ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ XXI ВЕКА
КАК ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ НАРОДНЫХ И АВТОРСКИХ СКАЗОК**

**FASHION DESIGN OF WESTERN EUROPE
AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY
AS FOLK AND AUTHOR'S FAIRY TAILS REINTERPRETATION**

О.Ю. СЫСОЕВА, А.А. ЖАБО

O.YU. SYSOEVA, A.A. ZHABO

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

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

E-mail: Anya.zhabo@mail.ru; olgasyssoeva@bk.ru

Актуальность исследования данной темы связана с большим потоком коллекций, появившихся на подиумах и инспирированных “сказочной” темой. Этот феномен до настоящего времени не имеет научного осмысления. В результате исследования не только произведена каталогизация коллекций в период с 1930 г. до 2022 г., но и сделан вывод, что обращению к сказкам способствовала социальная инфантилизация западно-европейского общества, которая в свою очередь сформировала потребность в переосмыслении народных и авторских сказок, иносказаний и фольклорных традиций.

The relevance of the study of this topic is associated with a large flow of collections that appeared on the catwalks and were inspired by the “fabulous” theme. This phenomenon has not been scientifically understood yet. As a result of the study, not only the collections were cataloged in the period from 1930 to 2022, but it was also concluded that the social infantilization of Western European society contributed to the appeal to fairy tales, which in turn created a need for rethinking folk and author's fairy tales, allegory and folklore traditions.

Ключевые слова: сказка, фэшн-дизайн, инфантилизм, Джон Галиано, Диор, Дольче Габбана, Фенди, Вивьен Вествуд, Барбери.

Keywords: fairy tale, fashion design, John Galliano, Dior, Dolce & Gabbana, Fendi, Vivienne Westwood, Burberry.

Процесс взаимодействия фэшн-дизайна со сказками начался с Западной Европы, когда впервые в 1930-х английский модельер Эдвард Молинье (1891 - 1974) создал изумрудное платье, вдохновленное образом Дороти Гейл, милой девочки из сказки Лаймена Фрэнка Баума "Волшебнике страны Оз", отображающее сильный и целеустремленный характер героини.

В 1980-х наблюдается взаимодействие дизайнеров моды с фольклорной тематикой. Так, например, в 1981 году выходит

коллекция Vivienne Westwood (1941 г.), вдохновленная пиратскими историями. Хорошо известно, что Золотой век пиратства, охватывающий период с 1650 по 1730 гг., стал источником вдохновения для множества легенд о великих пиратах, например, о Генри Эвери (1659-1699 гг.) или Эдварде Тиче по прозвищу Черная Борода (1680-1718 гг.) – именно эти известные пираты стали прообразами для героев сказок шотландского писателя сэра Дж. М. Барри (1860-1937) "Питер Пэн" и др. Пираты в

сказке представлены как мрачные и жестокие люди, но Вивьен Вествуд наделяет их ироничными, шутливыми и даже слегка детскими образами, разрушая ореол жестокости, присущий пиратам.

В середине 1980-х тенденция обращения к сказкам расширяет свою географию. В Америке в 1985 году Джорджио ди Сант-Анджело (1933–1989 гг.) переосмысливает ставший интернациональным образ Золушки в своей коллекции "Лето Джейн и Золушки", в платье с небрежным обработанным краем и бахромой. Новое прочтение образа хорошо знакомой нам всем с детства героини происходит в эстетической концепции хиппи, что говорит о тесной связи социальных веяний на переосмысление сказок.

Далее тема сказок в фэшн-дизайне умолкает до 1997 года, пока Джон Гальяно – дизайнер одноименного модного дома John Galliano (1960 г.) не решит обратиться в своей коллекции осень-зима 1997 к итальянской сказке, вдохновленной древнеегипетской мифологией "Повесть о зачарованной Царевне". Джон Гальяно использует неожиданные визуальные решения, навеянные образами золотой змеи древнеегипетской мифологии. Гальяно соединяет несколько темпоральных пластов в одной коллекции. Таким образом, коллекцией 1997 года Джон Гальяно подтолкнул фэшн-сообщество к развитию темы мифологии и сказок.



Рис. 1

Так, уже в следующем году Александр Маккуин (1969-2010 гг.), работая над

кутюрной коллекцией сезона весна-лето 1998 для модного дома Givenchy (рис. 1 – коллекция Givenchy 1998 г.), обращается к сказке немецких писателей братьев Grimm "Белоснежка и семь гномов" у. Маккуин соединяет образ Белоснежки с образом Богини Флоры с картины Сандро Боттичелли "Весна" 1482 г.

В новом тысячелетии процесс обращения фэшн-дизайнеров к "сказочной" теме расширяется географически, затрагивая Италию, Скандинавские страны, Японию и Россию, а также концептуально к сказкам и легендам добавляются народные сказания, особенное значение приобретает популярность Скандинавского фольклора.

В начале XXI века фэшн-дизайн продолжает задаваться экзистенциальными вопросами, затронутыми Льюисом Кэрроллом (1832-1898 г.) в самой загадочной сказке XIX века "Алиса в стране чудес".

Так, знаковым фотопроектом становится иллюстрация сказки "Алиса в стране чудес" от великого фотографа Энни Лейбовиц (1949 г.), изданная в юбилейном выпуске 2003 года издания "In Vogue: The 2000s" (рис. 2 – фотосессия для журнала Vogue Грейс Коддингтон 2003 г.).



Рис. 2

Энни Лейбовиц собирает большую команду деятелей модной индустрии, которые презентуют свои творения сами и примеряют образы героев на себя, в свою очередь наделяя героев своими качествами. В роли Алисы – русская модель Наталья Водянова, в роли других персонажей сказки – культовые дизайнеры XX века, предоста-

вившие с легкой руки стилиста съемки – великой Грейс Коддингтон (1941 г) свои вариации сине-голубого платья Алисы. Так, например, Марк Джейкобс снялся в проекте в роли гусеницы, Карл Лагерфельд – в роли Белой королевы, а дизайнерский дуэт Victor & Rolf – в роли Тяни-Толкая.

Следующее концентрированное обращение к сказке Льюиса Кэрролла "Приключения Алисы в стране чудес" в фэшн-дизайне произошло через десять лет, и в авангарде этого процесса находились японские дизайнеры Йоджи Ямамото, интерпретирующий сказку в своей коллекции в 2012 году, Ясутака Фунакоши – в 2013 году, Юн Такахаси – в 2015 году. Коллекции японских авторов выполнены в стиле деконструктивизма, что является совершенно новым, но лаконичным взглядом на мир Зазеркалья.



Рис. 3

Японский дизайнер-авангардист Hideki Seo (1974 г.) представил на выставке, рассматривавшей сказки через призму высокой моды – Fairy Tale Fashion - в галерее The Museum at FIT при Технологическом институте в Нью-Йорке (Fashion Institute of Technology) в 2016 году свою фэшн-скульптуру, затрагивающую тему монархического лицемерия (рис. 3 – Hideki Seo 2016 г., сказка Льюиса Кэрролла "Алиса в стране чудес").

Вдохновившись образом Королевы Черви в 2014 году, он исследует тему инфантильного, вспльчивого монарха, ставшего настоящей метафорой "слепой яро-

сти". Завуалированный под нежнейшим колоритом пастельных оттенков – розового и фисташкового, декорированный национальным орнаментом образ, сказочной Королевы Черви транслирует многократно повторяющийся рефрен "Голова с плеч", напоминая частоту вынесенных смертных приговоров своим подданным при каждом их малейшем проступке.



Рис. 4

В 2013 году обращение к сказкам Ганса Христиана Андерсена произошло благодаря Тиму Уокеру (1970 г): в своей собственной сказке о высокой моде под названием "Далеко-далеко от земли", напечатанной в журнале W, Тим Уокер обращается к образу Русалочки (рис. 4 – фотосессия Tim Walker 2013 г. для журнала W) в исполнении Кристен Макменами (р. 1964 г.). Современная Русалочка теперь живет в ванной и аквариуме, словно экспонат. Данная аллегория передает отношения социума к отличным от понятия стандартных внешних характеристик.

Следующее обращение к этой же сказке Ганса Христиана Андерсена "Русалочка" происходит благодаря Рикардо Тиши (1974 г.) в коллекции весна-лето 2021, выпущенной им для модного дома Burberry. Написанную в 1836 году печальную историю о безответной любви нежной Русалочки к прекрасному принцу дизайнер интерпретирует по-своему. Кроме того, любовь дизайнера к слову выражена в цитатах, помещенных на платья в голубых и синих оттенках: метафоричное описание моря в сказке заво-ра-

живает своей красотой (рис. 5 – коллекция Barberry SS 2020-2021 гг.).



Рис. 5

Вся сезонная коллекция осень-зима 2016 от дизайнерского дуэта Dolce & Gabbana была построена на рассказывании самых известных европейских сказок, дизайнеры создают своеобразный фильм, транслирующий размышления на тему переосмысления сказок, где внимание уделяется не главным героям сказок, а негативным или даже второстепенным, а также героями становятся ключевые сказочные предметы, без которых не было бы самой истории.



Рис. 6

Так, например, "рассказывая сказку" братьев Grimm "Белоснежка и семь гномов" Доменико Дольче и Стефано Габбана главным героем становится герой-антагонист –

злая Мачеха Белоснежки, о чем говорит декорированная аппликация в форме зеркала с надписью "Who is the most beautiful?" (Кто на свете всех милее?) (рис. 6) и платье с принтом в виде яблоков.

Сказка Шарля Перро (1928 -1973 гг.) "Золушка" в вышеобозначенной коллекции была проиллюстрирована платьем с принтом, на котором изображены мыши, главные помощники Золушки в сказке. К творчеству Братьев Grimm дизайнеры обратились, используя самую первую сказку из их сборника – "Сказку о Короле-лягушонке, или о Железном Генрихе".

Сказка "Красавица и чудовище" публикуется приложением к сказкам Шарля Перро, но принадлежит авторству Габриэль-Сюзанны Барбо де Вильнев, на первый план выходит роза, которая является ключевым предметом, благодаря которой разворачиваются события в сказке. В коллекции несколько платьев расшиты розами.

Еще одной важной темой стало обращение к любимой сказке Теодора Амодя Гофмана "Щелкунчик и мышиный король". Платья и топы, украшенные различными видами галунов из позументной тесьмы, демонстрировали трансформацию исторического мундира, ассоциировавшегося со сказочным образом Щелкунчика.

В 2019 году происходит обращение к сказке Шарля Перро (1628-1703 г.) о "Золушке". На этот раз инициатором становится Райан Ло, делающий акцент на мимолетности времени: по подиуму, организованному в лондонском дворце бракосочетания Stationers' Hall, дефилировали модели в остроугольных шляпах ведьм с сумками в форме тыквы.

В 2021 году происходит обращение к сказке "Красавица и чудовище" креативного директора модного дома Cristian Dior Мария Грация Кьюри (1964 г.) – в коллекции сезона осень-зима 2021 дизайнер апеллирует к мотиву заколдованной розы, которыми украшены практически все платья коллекции, отсылающие к движению 2017 г. #metoo, "Мария Грация Кьюри, как представительница нового поколения, привнесла современное виденье женщины и предложила свой вариант женственности.

Отвечая времени первой четверти XXI века, она ушла от гипертрофированного образа рафинированной женщины, дав возможность новой женщине быть более свободной, легкой на подъем" [4, с. 64].

В 2015 году, спустя 85 лет, благодаря модному дому MIU MIU происходит обращение к сказке Лаймена Фрэнка Баума "Волшебник из страны Оз". В удивительных приключениях Дороти и ее друзей – Тотошки, Страшилы, Льва и Железного Дровосека читается оммаж фильму "Волшебник страны Оз", снятому британским режиссером Виктором Флемингом в 1939 году. Образ Дороти в исполнении Джуди Гарленд (1922-1969 гг.) переосмысливается с помощью клетчатого принта, смелых колористических сочетаний красных с голубым и синим, желтого с зеленым – цветов и апеллирует к детскости и инфантильности, что подтверждает высказывание Миуччи Прада для статьи в журнале французского Vogue 2015 "...я хотел собрать вещи наивным способом, не заботясь, всегда ошибаясь, сделать все инстинктивно..." [13, с.1].

В 2020 году дизайнер из Ирландии Симоне Роша (1986 г.) для коллекции модного дома Simone Rocha сезона весна-лето 2020 обращается к сказочно-мифическим образам, вдохновленным кельтскими историями о крапивнике и традиционном параде на следующий день после Рождества: именно тогда традиционно мужчины совершают охоту на птицу, одеваясь в наряды из соломы.

Так, солома из присказок становится в коллекции модного дома Simone Rocha сумками-корзинками, платья с длинными рукавами у девушек напоминают очертания птиц, даже на лбу у некоторых моделей нарисованы перья и крылья. А вся коллекция пропитана национальным ирландским духом и народными историями: дизайнеру с помощью цвета, материалов и музыки удалось передать мрачно-притягательную атмосферу кельтских преданий. И эта коллекция становится значимым явлением мировой моды, поскольку впервые в западно-европейском фэшн-дизайне происходит обращение к собственному этническому эпосу. До сих пор дизайнеры вдохновля-

лись сказками и фольклором близлежащих территорий.



Рис. 7

Закрывает обращение западно-европейских модных домов к теме сказок в начале XXI века модный дом Fendi в своей коллекции осень-зима 2016-2017 гг. (рис. 7). Собрание скандинавских сказок Петера Кристена Асбьернсена (1812-1885 гг.), а именно сказка "Принцессы на стеклянной горе", а также сказка "На восток от Солнца и на запад от Луны", проиллюстрированное в 1916 году датским художником Каем Нильсеном, стало источником вдохновения для создания коллекции. Так, мы видим на многих платьях в коллекции переработанное изображение одной из принцесс, а также платье, представленное меховыми цветами, словно с иллюстрации Кая Нильсена к сказке "На восток от Солнца и на запад от Луны". Данная коллекция ознаменовывает интерес к малоизвестным сказкам скандинавского фольклора и интерес не к самим сказкам, а к иллюстрациям художников сказочных книг.

Итак, первое обращение западно-европейских писателей, художников и фэшн-дизайнеров к сказкам, датированное первой третью XX века (рис. 8), было тесно связано с периодом позднего созревания поколения, чей период взросления пришелся на укрепление различных по идеологии, но харизматичных диктаторских режимов. Поведенческие особенности западно-европейского социума этого периода характеризовались социальной инфантильностью.



Рис. 8

Несколько позже – в 1964 году – французский врач-психиатр Эрнест Шарль Ласег, исследуя поведенческие особенности, вводит в научный оборот термин "инфантилизм" (от лат. *infantilis* – детский), означающий незрелость в развитии, сохранение в поведении или физическом облике черт, присущих детскому возрасту. Этот термин получает расширение и начинает употребляется в отношении физиологических, психических и социальных явлений" [9, с. 9].

Отражением этого явления стало появление книги Дж. Барри "Питер Пэн" в 1911 г., сюжет которой восходит к пьесе 1904 года "Мальчик, который не хотел взрослеть". В дальнейшие годы тенденция разрастается, и в литературе появляется все больше инфантильных главных героев. В 1942 году Антуан де Сент-Экзюпери публикует свою повесть-сказку про наивного героя, который не уважал серьезность взрослых "Маленький принц". А в 1945 году, благодаря Астрид Линдгрен, появилась всем полюбившаяся непоседливая девочка Пеппи Длинный Чулок, для которой не существует норм и правил, а также непоседливый и эгоистичный Карлосон, который живет на крыше.

"Согласно ""теории поколений", предложенной выдающимися американскими социологами– писателем Уильямом Штраусом (William Strauss) и социологом Нейлом Хоувом (Neil Howe) в 1991 году, "...следствием четырехчастного поколенческого цикла являются повторяющиеся модели поведения..." [2, с.331].

Вот почему мы переживаем схожие демографические и культурологические процессы, напоминающие процессы, описанные французским врачом-психиатром Эрнестом Шарлем Ласегом. Ретроспективный взгляд в историческое прошлое делает процесс сравнительного анализа взросления поколения периодов 1860-1882 гг., 1940-1960-х и 2010 годов чрезвычайно актуальным.

Поколение, рожденное в период с 1860-1882 гг., прогрессирующая инфантилизация которого стала базисом, на котором выстроилось появление произведений о героях, которые ни за что не хотели взрослеть, стало параллельным не только для поколения Бэби Бумеров, рожденного в период 1945-1962 гг. – "...в семьях которого рождение детей было отложено из-за неблагоприятных условий военного времени и лишений в конце 1940-х-начале 1950-х. Демографический взрыв 1950-х гг. стал реакцией на стагнацию послевоенных лет. Совершенно неожиданно семьи с четырьмя-пятью детьми стали нормой" [2, с.331], но и поколения Альфа, рожденного в период с 2007 года.

Согласно социологическим исследованиям "...появление нового поколение Alfa, появившегося на жизненной арене после 2010 года, по прогнозам социологов и демографов станет таким же доминантным и будет соответствовать тому же архетипу, что и поколение Бэби Бумеров. То есть, поколение Alfa будет влиять и на потребительские процессы искусства и моды так же сильно, как и их предшественники из 1960-х годов. Все вышесказанное в совокупности говорит о точном расчете и важности в обращении современной культуры к ретроспективе 1960-х гг." [15, с.331].

Таким образом, нарастающая инфантилизация современного "взрослеющего" социума привела к пересмотру знакомых с детства сказок, что наглядно отражено в появившихся после 2010-х кинофильмах. Так, например, в фильме Тима Бертена (2010 г.) "Алиса в стране чудес" Алиса снова возвращается в страну чудес в 18 лет, на этот раз, чтобы убить дракона; в фильме режиссера Кристофа Гана "Красавица и чудовище"

(2014 г.) появляется совершенно новая сюжетная линия с золотой ланью, которую убил принц, ото сна Красавицу пробуждает мама – "Малефисента" (2014 г.).

А рекламная кампания сезонной коллекции 2014-2015 года модного дома Dolce & Gabbana с Клаудией Шиффер в главной роли (рис.7), снятая самим Доменико Дольче по мотивам сказки Братьев Гримм "Белоснежка и семь гномов", пересматривает как возрастные, так и смысловые нарративы героев сказки: зрителю представлен волшебный лес, в котором восседает молодая, но злая мачеха, а стражники охраняют Белоснежку, которая вместо отравленного яблока держит апельсин, что в корне меняет смыслы, заложенные в первоисточнике, отсылая нас к мифам древней Греции, где Юнона подарила Юпитеру в день бракосочетания "золотое яблоко" – символ брака и плодородия.

Таким образом, мы видим, как тенденция к переосмыслению давно устоявшихся сюжетов набирает оборот. И теперь главная роль в процессе адаптации сюжетов сказок под реалии современного мира в мировой культуре принадлежит не писателям, как это было в XX веке, а режиссерам, фотографам и, что для нас представляет особо важный интерес – фэшн-дизайнерам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брейгер Ю.М. Русская народная сказка как отражение духовной культуры нации. – Мир науки, культуры, образования, 2012.
2. Гаврилин К.Н., Сысоев С.В. Бунт 1960-х: революция в моде и ее новейшие последствия // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда // Вестник МГХПА. – 2020, № 2 Ч. 2.
3. Карпов Г.А. Демография современной Великобритании: взрыв или кризис // Социодинамика. – 2017, № 9. С. 1...20.
4. Наумова А.А., Сысоева О.Ю. Артизанная модного дома Cristian Dior как способ сохранения традиций в эпоху метамодернизма // Теоретические и эмпирические исследования в области общественных наук [Электронный ресурс]. – Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 96 с.). - Нижний Новгород: НОО "Профессиональная наука", 2021
5. Никонов Е.Л. Теория поколений. 1944-1963. Стратегия Беби-Бумеров. – М.: Синергия, 2019.
6. Семенова В.В. Социальная динамика поколений: проблема и реальность. – М.: Росспэн, 2009.

7. Соболевская О.В. "Инфантилизм как норма. Почему стоит переосмыслить возрастные границы?" 21 мая, 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://iq.hse.ru/news/219383127.html>

8. Соболевская О.В. "Почему подростки не спешат взрослеть". 28 февраля, 2017 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://iq.hse.ru/news/202366945.html>

9. Сысоева О.Ю., Васильева Е.С. Инфантилизация архетип "Puer aeternus" глазами новейших поколений // Инновационные научные исследования: мировой опыт и национальные приоритеты [Электронный ресурс]. – Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 163с.). - Нижний Новгород: НОО "Профессиональная наука", 2020 – Режим доступа: http://scipro.ru/conf/monograph_20082020.pdf. Сист. требования: Adobe Reader; экран 10'.

10. Франц М.-Л. Вечный юноша. Puer Aeternus. [Электронный ресурс]. URL: https://domknig.com/read_230950-10 (дата обращения 16.06.2020).

11. Чернышев В.И. Пушкин и русские сказки. Записи // Сказки и легенды пушкинских мест: Записи на местах, наблюдения и исслед. В. И. Чернышева / Под общ. ред. Комиссии АН СССР. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950.

12. Jo-Ann Furniss. Miu Miu Fall 2015 Ready-to-Wear, 11 march, 2015 [Электронное издание] URL: <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2015-ready-to-wear/miu-miu>

13. Kristen Bateman. Fairy Tale Fashion: A Runway Retrospective, Harpers Bazaare, 2016 [Электронный ресурс] URL: <https://www.harpersbazaar.com/fashion/fashion-week/g6721/fairy-tale-fashion/>

14. Neil Howe, William Strauss. Generations. The History of America's Future, 1584 to 2069. – New York: William Morrow & Company. P. 544.

15. Neil Howe, William Strauss. Millennials Rising: The Next Great Generation. – Knopf Doubleday Publishing Group. P. 415.

REFERENCES

1. Breiger Yu.M. Russian folk tale as a reflection of the spiritual culture of the nation. – World of Science, Culture, Education, 2012.
2. Gavrilin K.N., Sysoev S.V. Riot of the 1960s: a revolution in fashion and its latest consequences // Decorative art and object-spatial environment // Vestnik MGHPA. – 2020, №2 Part 2.
3. Karpov G.A. Demography of modern Great Britain: explosion or crisis // Sociodynamics. – 2017, №9. P. 1...20.
4. Naumova A.A., Sysoeva O.Yu. Artisan fashion house Cristian Dior as a way to preserve traditions in the era of metamodernism // Theoretical and empirical research in the field of social sciences [Electronic resource]. – El. ed. - Electron. text data. (1 pdf file: 96 pages). - Nizhny Novgorod: NOO "Professional Science", 2021

5. Nikonov E.L. The theory of generations. 1944-1963. Baby Boomer strategy. – Moscow: Synergy, 2019.
6. Semenova V.V. Social dynamics of generations: problem and reality. – Moscow: Rosspen, 2009.
7. Sobolevskaya O.V. "Infantilism as a norm. Why is it worth rethinking age limits? May 21, 2018 [Electronic resource]. URL: <https://iq.hse.ru/news/219383127.html>
8. Sobolevskaya O.V. "Why teenagers are in no hurry to grow up." February 28, 2017 [Electronic resource]. URL: <https://iq.hse.ru/news/202366945.html>
9. Sysoeva O.Yu., Vasil'eva E.S. Infantilization of the archetype "Puer aeternus" through the eyes of the latest generations // Innovative scientific research: world experience and national priorities [Electronic resource]. – El. ed. - Electron. text data. (1 pdf file: 163 pages). - Nizhny Novgorod: NOO "Professional Science", 2020 - Access mode: http://scipro.ru/conf/monograph_20082020.pdf. Syst. requirements: Adobe Reader; screen 10'.
10. Franz M.-L. Eternal youth. Puer Aeternus. [Electronic resource]. URL: https://dom-knig.com/read_230950-10 (Accessed 06/16/2020).
11. Chernyshev V.I. Pushkin and Russian fairy tales. Records // Tales and legends of Pushkin places: Records on the ground, observations and research. V. I. Chernysheva / Ed. ed. Commissions of the Academy of Sciences of the USSR. – M.-L. : Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1950.
12. Jo-Ann Furniss. Miu Miu Fall 2015 Ready-to-Wear, 11 march, 2015 [Elektronnoe izdanie] URL: <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2015-ready-to-wear/miu-miu>
13. Kristen Bateman. Fairy Tale Fashion: A Runway Retrospective, Harpers Bazaare, 2016 [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.harpersbazaar.com/fashion/fashion-week/g6721/fairy-tale-fashion/>
14. Neil Howe, William Strauss. Generations. The History of America's Future, 1584 to 2069. – New York: William Morrow & Company. P. 544.
15. Neil Howe, William Strauss. Millennials Rising: The Next Great Generation. – Knopf Doubleday Publishing Group. P.

Рекомендована кафедрой дизайна костюма. Поступила 06.10.22.

УДК 677.024

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_223

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗ СТРОЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ ТКАНОЙ СТРУКТУРЫ
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ЕЕ ОСНОВЕ***

**SIMULATION OF THE STRUCTURE PHASES
OF A VOLUME WOVEN STRUCTURE
AND THEIR INFLUENCE ON THE ELASTIC PROPERTIES
OF THE COMPOSITE MATERIAL BASED ON**

Д.А. ПИРОГОВ, Л.Б. МАСЛОВ, И.А. ТИМОФЕЕВ, Е.А. ПОЛЯНИЧКО

D.A. PIROGOV, L.B. MASLOV, I.A. TIMOFEEV, E.A. POLYANICHKO

(Ивановский государственный политехнический университет,
ООО "Текмал",
Ивановский государственный энергетический университет,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
АО "Композит")

(Ivanovo State Polytechnical University,
LLC "Tekmal",
Ivanovo State Power Engineering University,
Peter the Great St.Petersburg Polytechnical University,
JSC "Kompozit")

E-mail: pirogov81@mail.ru

В работе показана взаимосвязь технологии и параметров 3D-ткачества и эффективных упругих характеристик композиционного материала. Приведены основные характеристики ткацкого процесса и объемной тканой структуры, оказывающих наибольшее влияние. Проведены моделирование и расчет эффективных упругих характеристик композиционного материала различных фаз строения и структуры объемной ткани. Проведен анализ полученных результатов и сделаны выводы.

The paper shows the relationship between the technology and parameters of 3D weaving and the effective elastic characteristics of the composite material. The main characteristics of the weaving process and the volumetric woven structure, which have the greatest influence, are given. The modeling and calculation of effective elastic characteristics of composite material of different structure phases and the structure of volumetric fabric are carried out. The results are analyzed and conclusions are drawn.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ивановской области в рамках научного проекта № 20-41-370002.

Ключевые слова: 3D-ткачество, технология 3D-ткачества, технологические параметры 3D-ткачества, объемная тканая структура, эффективные упругие характеристики.

Keywords: 3D weaving, 3D weaving technology, technological parameters of 3D weaving, volumetric woven structure, effective elastic characteristics.

Введение

В настоящее время к основным текстильным технологиям, производящим основу для трехмерных композитных материалов, относят ткачество, плетение, вязание. Одним из наиболее перспективных подходов для создания сложных пространственных конструкций как единого композитного материала (КМ) является технология ткачества, обеспечивающая формирование трехмерной тканой заготовки (преформы) требуемого вида, структуры, толщины и обладающей рядом преимуществ, таких как стабильность структуры, естественная локализация места разрушения, необходимая плотность, использование технических нитей, что существенно расширяет область ее применения [1].

Заказчиками изделий из КМ на основе объемных тканых структур (ОТС) предъявляются повышенные требования по прочности и жесткости для их использования в различных областях высокотехнологичного машиностроения, в частности, в авиационной и ракетной технике.

Цель и задачи исследования

В основе проектирования физико-механических свойств композита на основе ОТС лежит понимание того, что его конечные упругие и прочностные свойства зависят от параметров процесса ткачества, существенно влияющих на структуру преформы и упругие свойства композита в целом [1]. Поэтому перед началом проектирования ОТС или преформы детали, назначения параметров и режимов процесса ткачества технолог должен понимать назначение, условия эксплуатации, используемые материалы для производства КМ и деталей из него изготовленных.

Параметры 3D-ткачества можно разделить на 3 основные группы, в которых можно выделить несколько основных.

1. Параметры технологического процесса ткачества:

- последовательность и продолжительность фаз формирования объемного тканого элемента;
- заправочное натяжение нитей;
- материалы нитей.

2. Параметры структуры объемного тканого элемента 3D-ткани:

- фаза строения ткани;
- угол ориентации армирующей нити;
- количество слоев и ширина ткани (преформы).

3. Параметры технологического оборудования:

- величина зева и ход крючков жаккардовой машины;
- параметры работы батанного механизма и вытяжного стола.

При выработке многослойных тканей их строение может быть весьма разнообразным. Все это многообразие можно описать 9 фазами строения:

1 фаза – изогнутая основа и прямолинейный уток – распространенная в 3D-ткачестве;

9 фаза – изогнутый уток и прямолинейная основа;

2-8 фаза – изогнутые основа и уток – в различной степени изгибаются основа и уток, от чего и зависит номер фазы.

Современные ткацкие машины, реализующие технологию 3D-ткачества, например, 3D-ткацкий станок компании "Mageba" [2] с жаккардовой машиной фирмы "Stäubli", более чем на 6700 крючков, в базовом варианте [3], в тандеме дают очень многообещающий технологический комплекс. Или, например, продукция отечественного текстильного машиностроения специального назначения 3D-ткацкие станки Л-300 ГИС и Л-200 от ООО "Текмал", г.Шуя, Ивановской области [4], предназна-

ченные для выработки многослойных технических тканей.

Такие ткацкие машины предназначены для производства текстильных тканых изделий различного назначения: тканых изделий со сложными узорами (ковров, портьер и др.), сложнейших по структуре многокомпонентных и многослойных тканей, преформ деталей. В частности, на таких машинах возможна реализация выработки многослойных тканей и преформ по 3 способам ткачества (рис. 1 – способы ткачества для выработки объемных тканых структур различных фаз строения), так как они обладают следующими конструктивными особенностями: устройство прокладки утка расположено на батане и имеет перемещение относительно толщины ткани, бердо батана веерного типа, вытяжной стол и т.п.



Рис. 1

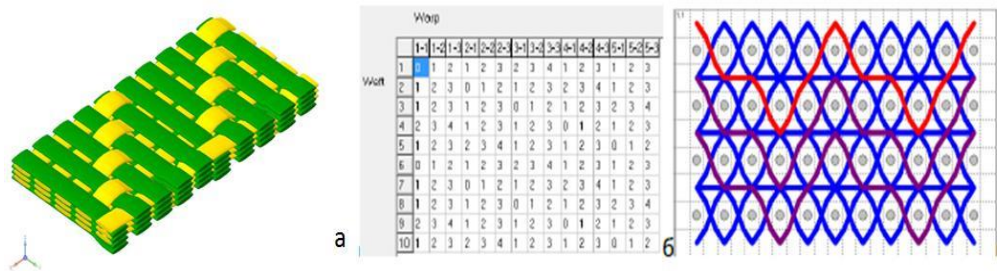


Рис. 2

На рис. 2 представлены 3D-компьютерная модель переплетения (а), WiseTex кодировка переплетения (б), схема переплетения в сечении по основе (в).

Разработаем 3D-модели ячейки периодичности (ЯП) КМ на основе предложенной ОТС 1-й, 5-й и 9-й фаз строения, при-

Методика исследования

Для выработки объемной тканой структуры 1 фазы строения необходимо, чтобы уток оставался прямолинейным, для чего необходимо его держать натянутым до окончания формирования тканого элемента. Для выработки объемной тканой структуры 9 фазы строения необходимо, чтобы нити основы оставались прямолинейными, для чего необходимо создавать их избыточное предварительное натяжение, либо перед прибором утка задавать их фиксацию, чтобы во время приборя утка они, за счет сил трения и уменьшенной длины, приобретали дополнительное натяжение аналогично предложениям авторов в [5], [6].

Поэтому, по нашему мнению, в тканой структуре должны быть нити, обеспечивающие сопротивление внешним усилиям и деформациям, и нити, которые отвечают за целостность преформы – связующие (угловые, ортогональные и др.).

Например, если вырабатывается преформа протяженная, то в ней должно быть больше прямолинейных нитей основы, если же вырабатывается преформа широкая, то в ней должны быть прямолинейные нити утка. В соответствии с этим и выбирается способ ткачества.

В качестве объекта исследования примем КМ на основе ОТС принятой рассматриваемой в [7].

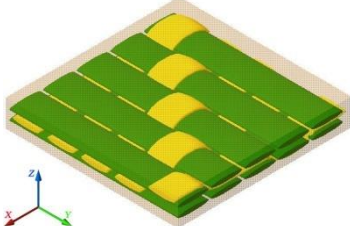
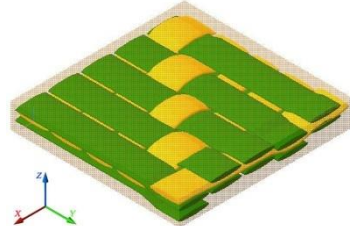
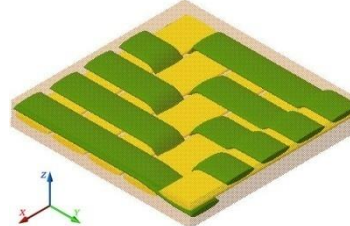
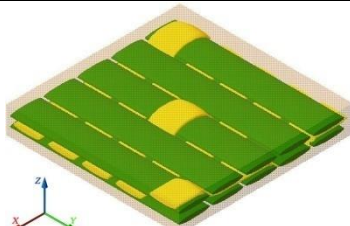
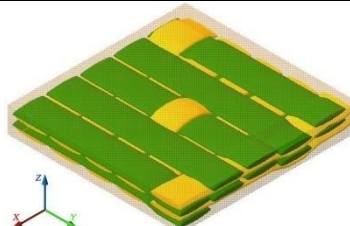
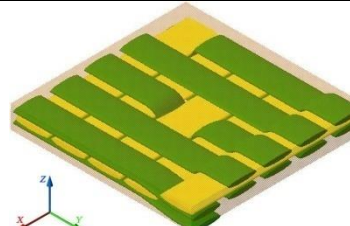
чем примем во внимание структурный элемент ЯП – "полуслой", как это сделано в [8].

Произведем расчет эффективных модулей упругости (ЭМУ) моделей базовых (табл.1) и моделей модифицированных (табл.1), используя методику, предложенную в [9]. В модифицированных моделях 2-я

и 4-я нити основы в каждом слое прямо-линейны. В качестве исходных данных для расчетов взяты данные из [8].

Расчетные модели и результаты расчетов приведены в табл.1

Таблица 1

БАЗОВАЯ ОБЪЕМНАЯ ТКАНАЯ СТРУКТУРА								
Фазы строения								
1 фаза			5 фаза			9 фаза		
								
Модули упругости								
E_{xx} , ГПа	E_{yy} , ГПа	E_{zz} , ГПа	E_{xx} , ГПа	E_{yy} , ГПа	E_{zz} , ГПа	E_{xx} , ГПа	E_{yy} , ГПа	E_{zz} , ГПа
40,3	105,9	17,5	54,7	94,1	18,3	79,4	54,1	17,7
МОДИФИЦИРОВАННАЯ ОБЪЕМНАЯ ТКАНАЯ СТРУКТУРА								
Фазы строения								
1 фаза			5 фаза			9 фаза		
								
Модули упругости								
E_{xx} , ГПа	E_{yy} , ГПа	E_{zz} , ГПа	E_{xx} , ГПа	E_{yy} , ГПа	E_{zz} , ГПа	E_{xx} , ГПа	E_{yy} , ГПа	E_{zz} , ГПа
54,6	105,9	17,4	73,2	97,1	18,1	79,4	62,3	17,6

Результаты и обсуждения

Как мы и предполагали, увеличение упругости происходит с изменением фазы строения ОТС. У 1 фазы строения – максимум (105,9 ГПа) вдоль нитей утка, у 9 фазы строения – максимум (79,4 ГПа) вдоль нитей основы. Наибольшее увеличение упругости происходит в направлении нитей утка, что связано с их большим количеством в ЯП рассматриваемого КМ. Результаты расчетов показывают, что наличие в нити изгиба добавляет ей податливости и уменьшает ЭМУ КМ. При этом, если матрице КМ не хватает упругости, то полезная энергия нити будет рассеиваться на преодоление сил межслойного взаимодействия, вследствие чего может произойти саморазрушение композита. Поэтому подбор матрицы для КМ должен осуществляться не только с учетом требуемых свойств будущего изделия, но и с учетом материала наполнителя и его структуры.

Также изменение структуры путем замены нитей, имеющих изгиб, на прямолинейные приводит к повышению ЭМУ. Дополнительные две прямолинейные нити основы и утка в ОТС ЯП КМ дают увеличение ЭМУ до 10%. ЭМУ в трансверсальном направлении зависит от объемной доли величины матрицы, сопротивляющейся деформации, от жесткости и количества межслойных перевязок, т.е. нитей, соединяющих слои между собой. В результате полученные значения для различных моделей имеют близкие значения.

В работе [8] проведен расчет ЭМУ рассматриваемого КМ методом конечных элементов. В результате получены значения ЭМУ в различных направлениях ЯП КМ. Полученные результаты имеют некоторые различия с приведенными в табл. 1, которые можно частично объяснить особенностями методик их определения, используемыми моделями, принятыми допущениями

и приближениями. Приведенное сравнение полученных результатов могло бы существенно дополнить и внести ясность в результаты экспериментальных исследований НДС этого композиционного материала при простых видах деформации.

ВЫВОДЫ

1. В работе показана взаимосвязь технологии и некоторых параметров 3D-ткачества и упругих характеристик КМ.

2. Предпринята попытка формулирования технологического процесса формирования ОТС промежуточных фаз строения.

3. Проведено компьютерное моделирование структуры: разработаны базовые и модифицированные модели 1, 5 и 9 фаз строения 3D-ткани.

4. Аналитически определены ЭМУ для КМ на основе ОТС 1, 5 и 9 фаз строения, базовых и модифицированных моделей.

5. Установлено, что изменение упругих характеристик происходит с изменением фазы строения и структуры ОТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирогов Д.А., Маслов Л.Б., Клопова К.В. Композиционные материалы на основе трехмерных тканых многослойных армирующих структур - конструкционные материалы настоящего и будущего // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 6. С. 61...71. DOI 10.47367/0021-3497_2021_6_61. EDN LWUXUF.

2. Официальный сайт компании "Mageba" [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан.; URL: <https://www.mageba.com/en/textilemachines/looms.html?scrollto=nadelweben> (дата обращения: 29.09.2021).

3. Официальный сайт компании "Stäubli" [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан.; URL: <https://www.staubli.com/us/en/textile/products/jacquard-weaving/lx-2493.html> (дата обращения: 29.09.2021).

4. Интернет - портал "Чекко" [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан.; URL: <https://checko.ru/company/tekmal-1023701392879> (дата обращения: 29.09.2021).

5. Патент № 2404303 С2 Российская Федерация, МПК D03D 49/12. Способ регулирования натяжения основных нитей и устройства для его осуществления : № 2008132618/12 : заявл. 07.08.2008 : опубл. 20.11.2010 / Д. А. Пирогов, В. А. Суров; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ивановская

государственная текстильная академия" (ИГТА). – EDN VMXBAP.

6. Пирогов Д.А., Суров В.А. Регулирование натяжения основных нитей на металлоткацком станке СТР-100М-0,25 // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 2. С. 108...113. EDN ORLCLJ.

7. Маслов Л.Б. Отчет про гранту РФФИ 20-41-370002 за 2021 год.

8. Клопова К.В., Пирогов Д.А., Королев П.В. Компьютерное моделирование упругих характеристик композиционного материала // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2022, № 1. С. 50...53. EDN ZBAFGC.

9. Пирогов Д.А., Маслов Л.Б., Королев П.В., Клопова К.В. Определение эффективных упругих характеристик композиционного материала при простых напряженных состояниях на основе понятия жесткости // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 6. С. 264...271. DOI 10.47367/0021-3497_2021_6_264. EDN OSJWCZ.

REFERENCES

1. Pirogov D.A., Maslov L.B., Klopova K.V. Composite materials based on three-dimensional woven multilayer reinforcing structures - structural materials of present and future // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 6. С. 61...71. DOI 10.47367/0021-3497_2021_6_61. EDN LWUXUF.

2. Official website of the company "Mageba" [Electronic resource]. - Electronic text, graph, link data; URL: <https://www.mageba.com/en/textilemachines/looms.html?scrollto=nadelweben> (access date: 29.09.2021).

3. Official site of the "Staubli" company [Electronic resource].- Electron-text,graph,link- data; URL: <https://www.staubli.com/us/en/textile/products/jacquard-weaving/lx-2493.html> (the date of access: 29.09.2021).

4. Interet-portal "Chekko" [Electronic resource], - Electronic text, graph, sound data; URL: <https://checko.ru/company/tekmal-1023701392879> (access date: 29.09.2021).

5. Patent № 2404303 С2 Russian Federation, МПК D03D 49/12. Method of main thread tension adjustment and device for its realization : № 2008132618/12 : application. 07.08.2008 : publ. 20.11.2010 / D.A. Pirogov, V.A. Surov; applicant State Educational Institution of Higher Professional Education "Ivanovo State Textile Academy" (ISTA). - EDN VMXBAP.

6. Pirogov D.A., Surov V.A. Regulation of the tension of the main threads on the metal-weaving machine STR-100M-0,25 // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2010, № 2. P. 108...113. EDN ORLCLJ.

7. Maslov L.B. Report on RFBR Grant 20-41-370002 for 2021.

8. *Klopova K.V., Pirogov D.A., Korolev P.V.* Computer simulation of elastic characteristics of composite material // Young Scientists - development of the National Technological Initiative (NITI). – 2022, №1. P.50...53. EDN ZBAFGC.

9. *Pirogov D.A., Maslov L.B., Korolev P.V., Klopova K.V.* Determination of effective elastic characteristics of composite material in simple stress states,

based on the concept of rigidity // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2021, № 6. P. 264...271. DOI 10.47367/0021-3497_2021 6 264. EDN OSJWCZ.

Рекомендована кафедрой мехатроники и радиоэлектроники ИВГПУ. Поступила 21.10.22.

СОДЕРЖАНИЕ

Обзорные статьи

<i>Ерзунов К.А., Одинцова О.И., Трезубов А.В., Ильичева М.Д.</i> Самоочищающиеся наноразмерные покрытия на текстильных материалах	5
---	---

Экономика, управление и организация производства

<i>Митина Э.А.</i> Ответственное потребление как фактор развития регионального рынка органической продукции	19
<i>Ванкевич Е.В., Калиновская И.Н.</i> Изменение подходов к анализу конъюнктуры рынка труда в условиях цифровизации экономики (на примере текстильной промышленности Республики Беларусь)	27

Материаловедение

<i>Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю., Тимченко В.А.</i> Прогнозирование драпируемости овчинного полуфабриката	38
<i>Осипова Л.И., Ануфриева М.Ф., Винокурова Т.И., Курденкова А.В., Буланов Я.И.</i> Исследование одноцикловых характеристик хирургических шовных материалов	45
<i>Рыклин Д.Б., Дубровская О.А., Кветковский Д.И., Саванович С.Э.</i> Влияние количества слоев ткани на экранирующие свойства электромагнитных текстильных экранов	49
<i>Кащеев О.В., Шустов Ю.С.</i> Анализ механических характеристик хлопколавсановой пряжи различного процентного содержания	56
<i>Хамматова Э.А.</i> Исследование влияния щелочи на механические свойства материалов для изготовления спецодежды	59
<i>Мирошниченко Д.А., Корнилова Н.Л., Мусов И.В., Слонов А.Л., Хаширова С.Ю.</i> Исследование упругодеформационных характеристик моноплетей из суперконструкционных полимеров	65
<i>Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова В.В.</i> Наноструктурирование полутьняной парусиновой ткани для повышения качества спецодежды	71
<i>Плеханова С.В., Виноградова Н.А.</i> Исследование кинетики изнашивания медицинских эластичных компрессионных изделий	78

Первичная обработка. Прядение

<i>Абдугаффаров А.А., Очилтов Т.А., Валиева З.Ф., Гафурова С.С., Корабельников А.Р.</i> Изменения физико-механических свойств пряжи различного волокнистого состава	83
<i>Телицын А.А., Делекторская И.А.</i> Однопроцессный способ формирования «самокрученой» структуры	88

Технология текстильных изделий

<i>Муракаева Т.В., Николаева Е.В.</i> Анализ факторов, влияющих на технологию работы нитеводов	94
<i>Нуриев М.Н., Саидов Р.А.</i> Особенности определения структурных параметров текстильных бобин	99

Химия и технология отделки и модификации

<i>Ахвердиев Р.Ф.</i> Кожи нового поколения из шкур рыб	108
<i>Бигеева К.Р.</i> Влияние неравновесной низкотемпературной плазмы на пористую структуру кож из шкур рыб различных видов дубления	113
<i>Ленько К.А., Ясинская Н.Н.</i> Исследование содержания примесей хлопкового волокна после биохимической подготовки к крашению с использованием полиферментных композиций	118
<i>Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокишаров С.А., Солодушенкова Т.С., Корнилова Н.Л.</i> Ферментативная умягчающая обработка льняных изделий: воздействие целлюлаз в структуре набухшего волокна	126
<i>Сашина Е.С., Беклямишев М.О.</i> Термохромные целлюлозные пленки из растворов в ионной жидкости	134

<i>Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Иванов В.В.</i> Исследование влияния низкотемпературной плазмы на свойства нетканого материала Холлофайбер®	140
--	-----

Швейное производство

<i>Ван С., Кузьмичев В.Е.</i> Новая методика идентификации дефектов на виртуальных двойниках одежды	146
<i>Коньсбеков С.М., Джантгайзова В.М., Кенжибаева Г.С., Тогатаев Т., Абдикеримов С.Ж.</i> Методика исследования и проектирование адаптационной одежды для людей с нестандартным телосложением на основе компьютерного образа человека	155
<i>Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т.</i> Управление материальными ресурсами текстильного предприятия	160
<i>Коваль Е.А., Конарева Ю.С., Костылева В.В., Синева О.В., Карасева А.И.</i> Автоматизированное проектирование модели-образа на основе принципов "онлайн-конструктора" в производстве персонализированных аксессуаров	167

Текстильные машины и агрегаты

<i>Ханхаджаева Н.Р., Хамидова Д.У., Ерматов Р.Б., Абдурахимова М.М.</i> О возможностях двухфонтурных трикотажных машин для вязания верха обуви	171
--	-----

Автоматизация и информационные технологии

<i>Переборова Н.В.</i> Прогнозирование термовязкоупругости полимерных текстильных материалов на основе термодиформационно-временной аналогии	178
<i>Орлов А.В., Пашин Е.Л.</i> Тестирование систем программно-аппаратного комплекса К-1 на основе моделирования его работы	184
<i>Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Никифорова Е.Н., Нефёдов С.А.</i> Результаты молекулярного моделирования триботехнических свойств неионогенных поверхностно-активных веществ ...	190

Техническая эстетика и дизайн

<i>Кузнецова А.Н., Морозова Е.В.</i> Жизненный цикл медленной моды	195
<i>Кузьмичев В.Е., Сахарова Н.А., Грищенко Т.Н.</i> Параметрическое генерирование цифрового двойника исторического костюмного комплекса	200
<i>Торбаев Б.П., Рахимова З.И., Кенжебаева А.Н., Офицерова Н.Р., Абуова М.А., Доскараева Ж.Е.</i> Восточный характер дизайна тканей Ташкентского текстильного комбината (30-е и 40-е годы XX века)	209
<i>Сысоева О.Ю., Жабо А.А.</i> Фэшн-дизайн Западной Европы XXI века как переосмысление народных и авторских сказок	215

Композиты на волокнистой основе

<i>Пирогов Д.А., Маслов Л.Б., Тимофеев И.А., Поляничко Е.А.</i> Моделирование фаз строения объемной тканой структуры и их влияние на упругие свойства композиционного материала на ее основе	223
--	-----

CONTENTS

Review articles

<i>Erzunov K.A., Odintsova O.I., Tregubov A.V., Ilyicheva M.D.</i> Self-Cleaning Nanoscale Coatings on Textile Materials	5
--	---

Economics and Production Planning

<i>Mitina E.A.</i> Responsible Consumption as a Factor of the Development of the Regional Market of Organic Products	19
<i>Vankevich A.V., Kalinouskaya I.N.</i> Development Approaches to the Analysis of the Labor Market under the Conditions of the Economy Digitalization (on the Case of the Textile Industry of the Republic of Belarus)	27

Materials

<i>Borisova E.N., Koytova J.Yu., Timchenko V.A.</i> Forecasting of Drapery of Sheepskin Semi-Finished Product	38
<i>Osipova L.I., Anufrieva M.F., Vinokurova T.I., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I.</i> Single Cycle Characteristics Study Surgical Suture Materials	45
<i>Ryklin D.B., Dubrouskaya V.A., Kvetkovsky D.I., Savanovich S.E.</i> Effect of the Number of Fabric Layers on the Shielding Properties of Electromagnetic Textile Screens	49
<i>Kashcheev O.V., Shustov Yu.S.</i> Analysis of the Mechanical Characteristics of Cotton-Dashen Yarn of Different Percentage Content	56
<i>Khammatova E.A.</i> Investigation of the Effect of Alkali on the Mechanical Properties of Materials for Workwear Production	59
<i>Miroshnichenko D.A., Kornilova N.L., Musov I.V., Slonov A.L., Khashirova S.Yu.</i> Investigation of Elastic-Deformation Characteristics of Monothreads from Superstructural Polymers	65
<i>Gainutdinov R.F., Khammatova V.V.</i> Nanostructuring of Semi-Linen Canvas Fabric to Improve the Quality of Workwear	71
<i>Plekhanova S.V., Vinogradova N.A.</i> Investigation of the Wear Kinetics of Medical Elastic Compression Products	78

Preliminary Treatment. Spinning

<i>Abdugaffarov A.A., Ochilov T.A., Valieva Z.F., Gafurova S.S., Korabelnikov A.R.</i> Changes in the Physical and Mechanical Properties of Yarn of Different Fibrous Composition	83
<i>Telitsyn A.A., Delektorskaya I.A.</i> Single-Process Method of «Self –Twist» Structure Formation	88

Technology of Textile Products

<i>Murakaeva T.V., Nikolaeva E.V.</i> The Analysis of Factors Affecting the Yarn Feeders Operation Technology	94
<i>Nuriyev M.N., Saidov R.A.</i> Features Determination of the Structure Parameters of Textile Bobbins	99

Chemistry and Technology of Finishing and Modification

<i>Akhverdiev R.F.</i> New Generation Leather from Fish Skins	108
<i>Bigeeva K.R.</i> Nonequilibrium Low-Temperature Plasma Influence on the Porous Structure of Various Types Tanning Leather from Fish Skins	113
<i>Lenko K.A., Yasinskaya N.N.</i> Study of Cotton Fiber Impurities Content after Biochemical Preparation for Dying Using Poly-Enzyme Compositions	118
<i>Aleeva S.V., Lepilova O.V., Koksharov S.A., Solodushenkova T.S., Kornilova N.L.</i> Enzymative Softening Treatment of Linen Products: the Impact of Cellulases in the Swollen Fiber Structure	126
<i>Sashina E.S., Beklyamishev M.O.</i> Thermochromic Cellulose Films from Solutions in Ionic Liquid	134
<i>Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Ivanov V.V.</i> Investigation of the Effect of Low-Temperature Plasma on the Properties of Non-Woven Material Holowfiber®	140

Sewing

<i>Wan S., Kuzmichev V.E.</i> New Method of Defect Identification on Virtual Clothing Twins	146
<i>Konysbekov S.M., Janpaizova V.M., Kenzhibayeva G.S., Togataev T., Abdikerimov S.Zh.</i> Method of Research and Design of Adaptive Clothing for People with Non-Standard Constitution Based on a Computer Image of a Person	155
<i>Shakhova I.Yu., Speransky S.N., Amarjargalan T.</i> Management of Material Resources of a Textile Enterprise	160
<i>Koval E.A., Konareva Yu.S., Kostyleva V.V., Sineva O.V., Karaseva A.I.</i> Computer- Aided Design of the Model-Image Based on the Principles of the "Online Constructor" in the Production of Personalized Accessories	167

Textile Machines and Aggregates

<i>Khankhadjaeva N.R., Khamidova D.U., Yermatov R.B., Abdurakhimova M.M.</i> Possibilities of Double Knitting Machines for Producing of Shoe Uppers	171
---	-----

Automation and Information Technologies

<i>Pereborova N.V.</i> Prediction of Thermoviscoelasticity Polymeric Textile Materials Based on the Thermo-Deformation-Time Analogy	178
<i>Orlov A.V., Pashin E.L.</i> The Use of Simulation Model to Diagnose Hardware and Software Failures in K-1 Tensile Strength Measurement Device	184
<i>Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B., Nikiforova E.N., Nefyodov S.A.</i> Results of Molecular Modeling of Tribotechnical Properties of Nonionic Surfactants	190

Technical Aesthetics and Design

<i>Kuznetsova A.N., Morozova E.V.</i> The Life Cycle of a Slow Fashion	195
<i>Kuzmichev V.E., Sakharova N.A., Grishchenko T.N.</i> Parametric Generating of the Digital Twin of the Historical Costume	200
<i>Torebaev B.P., Rakhimova Z.I., Kenjebaeva A.N., Ofitserova N.R., Abuova M.A., Doskaraeva J.E.</i> Oriental Character of Fabric Design of the Tashkent Textile Mill (the 30s and 40s of the XX Century)	209
<i>Sysoeva O.Yu., Zhabo A.A.</i> Fashion Design of Western Europe at the Beginning of the XXI Century as Folk and Author's Fairy Tails Reinterpretation	215

Fiber-based Composites

<i>Pirogov D.A., Maslov L.B., Timofeev I.A., Polyanchko E.A.</i> Simulation of the Structure Phases of a Volume Woven Structure and their Influence on the Elastic Properties of the Composite Material Based on	223
--	-----