

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

**№ 4 (394)  
2021**

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

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

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

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

Издание Ивановского государственного политехнического университета

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Главный редактор:

*Е.В. РУМЯНЦЕВ (д.х.н., ректор).*

Заместитель главного редактора:

*Н.Л. КОРНИЛОВА (д.т.н., проф.).*

**Редакционная коллегия (Россия):**

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

**Международная редакционная коллегия:**

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

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

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

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*

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

*Тел.: (4932) 41-75-02.*

*E-mail: [ttp@ivgpi.com](mailto:ttp@ivgpi.com)*

*<http://ttp.ivgpi.com>*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 02.08.2021. Подписано в печать 31.08.2021. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 26,51; Усл. кр.-отт. 26,76. Заказ 4279.

Тираж 400 экз.

---

"Известия вузов. Технология текстильной промышленности"  
Издание Ивановского государственного политехнического университета  
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21  
E-mail: [ttp@ivgpi.com](mailto: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](mailto:pressto@mail.ru)

© "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", 2021

Ministry of Science and Higher Education  
of Russian Federation

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**TEXTILE  
INDUSTRY  
TECHNOLOGY**

Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR

**№ 4 (394)  
2021**

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

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

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

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

Published by Ivanovo State Polytechnical University

**EDITORIAL BOARD**

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

**members:**

**Editorial board (Russia):**

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

**International editorial board:**

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

**EDITORIAL COUNCIL**

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

Executive secretary S.L. KHALEZOV

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

---

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796. Passed for typesetting on 02.08.2021. Signed for printing on 31.08.2021. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 26.51 conventional sheets. 26.76 conventional. Order 4279.

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](mailto:ttp@ivgpu.com)

Publishing-printing complex "PresSto"

153025, Ivanovo, Dzerzhinskogo, 39, building 8

Tel. 8-930-330-26-30

E-mail: [pressto@mail.ru](mailto:pressto@mail.ru)



УДК 338.45

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_5

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
ИННОВАЦИОННЫХ ФИНАНСОВЫХ ПРОДУКТОВ  
В ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**MODERN STATE AND USAGE  
OF INNOVATIVE FINANCIAL PRODUCTS  
IN THE TEXTILE INDUSTRY OF THE IVANOVO REGION**

*Е.Г. ЛЫСОВА*

*E.G. LYSOVA*

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: lysovaeg@yandex.ru

*В статье рассматриваются современное состояние и проблемы функционирования текстильной отрасли Ивановской области. Обоснована необходимость использования инновационных финансовых продуктов и процессов, творческого подхода к решению проблем, связанных с управлением и снижением риска, возникающего у субъектов рынка для повышения эффективности развития отрасли. Предложено применение лизинговых инструментов для привлечения инвестиций и инноваций в текстильную отрасль Ивановской области, изучен опыт европейских стран, которые демонстрируют прямую зависимость между развитием рынка лизинга и привлечением инвестиций в отрасли экономики, и перечислены основные причины, которые замедляют развитие лизинга в России. Рекомендованы модели применения инструментов рынка ценных бумаг, как источника финансирования и способа хеджирования финансового и инновационного рисков, которые позволят предприятиям, осуществляющим деятельность на рынке лизинговых услуг, выполнить реновацию производственно-технической базы и расширить сферы деятельности, производимых за счет средств, извлеченных на фондовом рынке.*

*The article deals with the current state and problems of functioning of the technology industry of the Ivanovo region. The necessity of using of innovative financial*

*products and processes, a creative approach to solving problems related to management and reducing the risk arising from market participants to improve the efficiency of the industry development is justified. The use of leasing tools to attract investment and innovation to the textile industry of the Ivanovo region is suggested. The experience of European countries demonstrating a direct relationship between the development of the leasing market and attracting investment in economic sectors is studied and the main reasons slowing down the development of leasing in Russia are listed. The article recommends the models for the security market instrument usage as a source of financing and a way of financial and innovation risks hedging, which will give the opportunity to the enterprises operating in the leasing services market to renovate the production and technical base and expand the scope of activities carried out at the expense of funds extracted from the stock market.*

**Ключевые слова:** текстильная отрасль, Ивановская область, финансовые продукты, инновации, инвестиции, хеджирование, лизинг, страхование.

**Keywords:** textile industry, Ivanovo region, financial products, innovations, investments, hedging, leasing, insurance.

В настоящее время текстильная отрасль Ивановской области переживает кризис. Продукция ивановских фабрик не в состоянии конкурировать с импортной, она либо менее качественная, либо дорогая. Это происходит вследствие отсутствия полноценной сырьевой базы, высоких цен на импортное оборудование при отсутствии российских аналогов и нехватки квалифицированных специалистов. Зарботные платы на предприятиях текстильной промышленности меньше среднероссийской, что приводит к резкому оттоку кадров. На предприятиях не используются передовые производственные технологии из-за нехватки оборотных средств. Доля инвестиций в основной капитал незначительная, ее недостаточно для развития производства.

Новые условия хозяйствования требуют более широкого взгляда на стратегическое развитие компаний и отрасли в целом. Именно использование инновационных финансовых продуктов поможет обеспечить процветание текстильного бизнеса в Ивановском регионе.

В последнее время появились исследования отечественных и зарубежных ученых в области финансовых инноваций, финансовой инженерии, производных финансовых инструментов, авторами которых являются: А.А. Аюпов, В.К. Бансал, Л. Галиц,

Ю.И. Капелинский, И.А. Кох, Дж.Ф. Маршал, И.А. Рудская, Б.Б. Рубцов, Я.М. Миркин, Ф. Мишкин, Е.М. Четыркин и другие. Проблемы финансово-кредитного обеспечения инновационного взаимодействия хозяйствующих субъектов в реальном секторе экономики через лизинговые отношения исследованы в работах А.Г. Ивасенко, В.Д. Газмана, В.И. Вагизовой, Л.Н. Прилуцкого, Х.-Й. Шпитлера и др.

На наш взгляд, степень разработки проблем функционирования и определение стратегических направлений развития текстильной отрасли с использованием инновационных финансовых продуктов в современных условиях является недостаточной. Все это обусловило актуальность исследований в выбранном направлении. Вышеуказанная цель исследования предопределила постановку и решение следующих задач:

- 1) проанализировать современное состояние и проблемы функционирования текстильной отрасли Ивановской области;
- 2) обосновать необходимость использования инновационных финансовых продуктов как источника финансирования и способа снижения рисков, которые позволят повысить эффективность функционирования текстильной отрасли региона;
- 3) предложить применение лизинговых инструментов для привлечения инвестиций

и инноваций в текстильную отрасль Ивановской области.

#### Методы

Методологическую основу исследования составили принцип системности, позволяющий структурировать полученную информацию и получить выводы по проблеме исследования, а также обращения к практике как критерию истины. Для решения задач, поставленных в работе, применялись качественные методы сбора и обработки данных; описательный метод для передачи особенностей текстильной отрасли; синтез полученных сведений в процессе анализа; абстрактно-логический, экономико-статистический, социологический методы.

#### Результаты

Текстильная отрасль для Ивановской области исторически считается одной из самых крупных и важных отраслей промыш-

ленности региона. Подавляющая часть населения нашей области всегда трудилась на производстве текстильных изделий. В 1913 г. на долю текстильных фабрик Иваново-Шуйского промышленного района приходилось 25% всех выпускавшихся в России тканей. До 1991 г. в Ивановской области производилась 1/5 часть общесоюзного объема производства тканей – свыше 2 млрд. погонных метров ежегодно [6].

В 2019 г. текстильщики региона произвели 1,275 млрд. кв. метров тканей – на 6,7 процента больше, чем 2018 г. На долю Ивановской области пришлось 21,6 процента общероссийского выпуска тканей [13]. По региону наблюдается относительно положительная динамика производства текстильных изделий (табл. 1 – индекс производства текстильных изделий Ивановской области (в % к предыдущему году)).

Т а б л и ц а 1

Год	2015	2016	2017	2018	2019
Производство текстильных изделий	94,3	105,7	105,0	107,3	105,1

Согласно данным Инвестиционного портала Ивановской области легкая промышленность по-прежнему занимает наибольшую долю в структуре промышленного производства региона – 33,2% на конец 2020 г., что на 0,7% больше по сравнению с 2019 г. Объем отгруженной продукции за 2020 г. в производстве текстиля и одежды в Ивановской области вырос на 13,2% и составил 71 млрд. руб. [7].

Если говорить в целом по России, то в настоящее время происходит спад производства, который сопровождается снижением индекса производства. Темп роста выпуска легкой промышленности в 2018 г. составил 2,3%, а в 2019 г. был отрицательным -1,6% [16]. Темпы роста выпуска легкой промышленности в августе 2020 г. снова перешли в отрицательную область (-2,4%) после двух месяцев позитивной динамики [15]. Скорее всего, это связано с пандемией коронавируса.

На эффективное функционирование предприятий текстильной отрасли влияет множество факторов. Основными из них являются нехватка денежных средств на обновление основных фондов и на закупку обо-

ротных средств, изношенность оборудования, низкое качество продукции. Так, на подавляющем большинстве предприятий текстильной отрасли Ивановской области используются несовременные технологии. В результате этого имеются завышенные затраты на производство, недостаточно высокое качество и низкая конкурентоспособность продукции, неполная загрузка мощностей, отсутствие оборотных средств и увеличивающийся уровень обязательств по займам.

Структура экспорта и импорта Ивановской области показывает постоянно растущую долю импорта и снижающуюся долю экспорта текстильных изделий (табл. 2 – структура экспорта и импорта Ивановской области (в % к итогу)).

Ивановский регион с дефицитным бюджетом не обладает собственными инвестиционными ресурсами, достаточными для быстрого и радикального обновления производственно-технической базы на инновационной основе. Для внешних же инвесторов дотационные регионы малопривлекательны по причине повышенных рисков.

Показатели \ Год	2007	2010	2015	2018	2019
Экспорт – всего	100	100	100	100	100
в том числе текстиль, текстильные изделия и обувь	57,7	50,2	38,6	35,3	33,6
Импорт – всего	100	100	100	100	100
в том числе текстиль, текстильные изделия и обувь	57,1	50,0	47,9	55,0	57,8

Примечание. Составлено автором на основании [3, с.66...67].

Так, Ивановская область по оценке текущего уровня экономического здоровья регионального бизнеса в 2019 г. занимала 76 место [10], что говорит о низкой интенсивности инвестиционных процессов, слабой эффективности регионального бизнеса, низком платежеспособном спросе.

В рейтинге социально-экономического положения региона Ивановская область в 2019 г. занимала 61-е место, в 2018 г. – 62-е [12], в 2017 г. – 65-е [14].

Ивановский регион попал в рейтинг самых низких заработных плат по городам России [11].

Для повышения эффективности развития текстильной отрасли Ивановской области необходимо активизировать деятельность по разработке и реализации инновационных финансовых продуктов и процессов, творчески подойти к решению проблем, связанных с управлением и снижением риска, возникающего у субъектов рынка.

В течение последних лет на российском финансовом рынке наблюдается рост финансовых инноваций, различных инструментов, процессов и стратегий. В современной действительности финансовая деятельность экономического субъекта очень разнообразна и требует использования как основных финансовых инструментов, так и всевозможных их комбинаций. Исследования финансовых инструментов, реализуемых на рынках, позволяют нам выделить две их группы.

1. Производные финансовые инструменты, или деривативы, основными видами которых являются свопы, фьючерсы, форварды, опционы, и главными целями их использования является хеджирование фи-

нансовых рисков и проведение спекулятивных операций с целью получения повышенных доходов.

2. Инструменты альтернативного финансирования, представляющие собой комбинацию инструментов финансового рынка (фондового и валютного рынков, срочного и кредитного рынков, финансовых инноваций и рынка капитала), позволяющие проектировать различные инновационные финансовые продукты с целью мобилизации инвестиционных ресурсов, а также хеджирования возможных финансовых и инновационных рисков.

В качестве примера такого сочетания можно назвать инновационный лизинг, венчурное финансирование, форфейтинг, франчайзинг, выпуск специализированных ценных бумаг и др.

На наш взгляд, одним из направлений привлечения инвестиций в текстильную отрасль Ивановской области является развитие рынка лизинга.

Опыт развитых мировых стран демонстрирует прямую зависимость между развитием рынка лизинга и привлечением инвестиций в отрасли экономики. Так, например, в Великобритании действует Финансовая и лизинговая ассоциация, целью которой является сотрудничество с органами государственной власти по снабжению доступа предприятий к финансовым и лизинговым продуктам.

В европейских странах поддержка лизинга осуществляется через Европейский инвестиционный банк, который работает с огромным количеством финансовых посредников для поддержки малого и среднего бизнеса, также он предлагает широкий набор гарантийных финансовых инстру-

ментов, таких как контргарантийные фонды для лизинговых проектов и секьюритизацию.

К основным причинам, замедляющим развитие лизинга в России, можно отнести нехватку стартового капитала; финансовую неэффективность лизинговых компаний; отсутствие понимания сущности лизинга как потенциальными лизингополучателями, так и лизингодателями; неудовлетворяющую потребностям лизингового рынка инфраструктуру; неблагоприятный налоговый режим.

Также следует отметить тот факт, что лизинговые компании относятся к малому и среднему предпринимательству, и банки не предоставляют для них финансирование больше, чем на 3 года, а лизинговые контракты имеют большую длительность – от 5 до 7 лет. Поэтому лизинговой отрасли совместно с банковским сообществом необходимо сформировать рекомендации по оценке качества лизингодателей и как банки, с учетом всех рисков и интересов сторон, могут финансировать малые и средние лизинговые компании.

По оценке рейтингового агентства "Эксперт РА" [8] первое полугодие 2020 г. завершилось резким падением российского рынка лизинга на 22 %, однако второе полугодие позволило уменьшить просадку российского рынка, и, как следствие, по итогам всего 2020 г. объем бизнеса в РФ составил 1 410 млрд. руб., показав отрицательную динамику лишь на 6 % к прошлому году. Сокращение ключевой ставки Банка России с 6,25% (конец 2019 г.) до 5% годовых (с 26 апреля 2021 г.) оказало давление на процентную маржу банков, что подтолкнуло кредитные организации активнее развивать другие, более доходные ниши, одной из которых стал лизинговый рынок.

Одним из перспективных направлений развития текстильной отрасли, которое будет направлено на масштабную технологическую модернизацию и совершенствование технической базы, является, на наш взгляд, тесное взаимодействие участников рынка лизинга и государственных структур в части развития форм государственной

поддержки лизинга, а главное, принятие законодательных актов, способствующих развитию экономики в целом. Кроме этого, перспективы развития рынка лизинга в России во многом зависят от формирования потребительской ценности этой услуги. Она должна своевременно отвечать на макроэкономические изменения рынка.

На текущий момент государственная поддержка лизинга наиболее распространена в малом и среднем бизнесе. Главной формой содействия является субсидирование затрат лизинга (Постановление от 27 декабря 2019 года №1908). В значительной части регионов схемы поддержания состоят в субсидировании процентной ставки, лизинговых платежей или авансового платежа. Однако объемы поддержки в отдельных регионах недостаточны, распределение субсидий по российским регионам крайне неравномерно, существуют трудности с доступом предприятий к субсидированию.

В настоящее время можно отметить две основные корпоративные формы лизинговых отношений:

- 1) лизингодателем выступает производитель объекта лизинга (прямой лизинг);
- 2) лизингодателем выступает специализированный институт (косвенный лизинг).

Выделение специализированных институтов связано с формированием и развитием самостоятельного вида инновационного финансового продукта – инновационный лизинг, который позволит решить следующие главные задачи: получение прибыли от лизинговой деятельности и ускорение продвижения и реализации текстильной продукции.

В России формирование лизинговых рыночных структур только начинается. Наибольшее развитие из организационных форм лизинга получили специализированные лизинговые компании, которые образовались на базе крупных корпораций с аналогичной спецификой деятельности, и финансовые институты с набором различных трастовых, фондовых, факторинговых и лизинговых операций.

Основным источником обеспечения лизинговых сделок являются банковские кре-

днты, доля которых в профинансированных средствах составляет не менее 60% на протяжении последних четырех лет [8].

На наш взгляд, при анализе динамики лизинговых сделок уместнее сопоставлять

их с инвестиционными кредитами, которые идут на техническое перевооружение и увеличение производственных мощностей (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Показатели \ Год	2015	2016	2017	2018	2019	1 пол.2020
Стоимость переданных клиентам предметов лизинга без НДС, млрд. руб.	545	742	1095	1310	1500	570
Кредиты банков в инвестициях в основной капитал, млрд. руб.	850	1175	1370	1528	1874	-

П р и м е ч а н и е. Составлено автором на основании [8] и [9].

Из табл. 3 видно, что, начиная с 2015 г., сокращается разрыв между лизинговыми сделками и кредитами банков, предоставляемыми на инвестиции в основной капитал. Но, в то же время, банковские кредиты сохраняют первенство перед лизингом. В результате этого складывается потребность рассмотрения альтернативных способов получения ресурсов для финансирования лизинговых операций.

По мнению автора, здесь возможно использование средств страховых компаний с применением инструментов рынка ценных бумаг. Как пример можно предложить инвестирование банковского векселя в резервный фонд страховой компании. В данной модели участвуют шесть сторон: материнская компания, лизинговая компания (лизингодатель), лизингополучатель, производитель оборудования, коммерческий банк и страховая компания. Лизингодатель, как дочерняя компания, выпускает простой вексель и передает его материнской компании для авая, тем самым решает вопрос надежности возврата денежных средств и увеличения стоимости самой ценной бумаги.

Далее возможны различные варианты: 1) заключение кредитного договора; 2) заключение своп-контракта между коммерческим банком и лизинговой компанией; 3) облигационный займ; 4) форвардный лизинговый контракт; 5) процентный фьючерсный контракт.

Помимо векселя можно внедрить в практику другие способы привлечения инвестиционных ресурсов для операций лизинга через инструменты фондового рынка, например, облигационный займ – как одного из вариантов привлечения инвестиций в операции лизинга.

При ведении лизинговой деятельности могут возникнуть риски. Вариантами их хеджирования являются как традиционные методы обеспечения лизинга: залог, поручительство, банковская гарантия, задаток, так и инновационные методы хеджирования, к которым автор относит форвардный лизинговый контракт, вексель, процентный фьючерсный контракт.

Предложенные автором модели применения инструментов рынка ценных бумаг, как источника финансирования и способа хеджирования финансового и инновационного рисков, позволит предприятиям, осуществляющим деятельность на рынке лизинговых услуг, выполнить реновацию производственно-технической базы и расширить сферы деятельности, производимых за счет средств, извлеченных на фондовом рынке.

#### *Обсуждение*

Обращаясь к научной литературе, касающейся особенностей использования инновационных финансовых продуктов, можно выделить работу Джон Д. Финнерти, профессора финансов Фордхэмского универ-

ситета, главу фирмы McFarland Dewey & Co., который ввел термин "финансовый инжиниринг", под которым понимал деятельность по структурированию и реализации инновационных финансовых продуктов и процессов, а также творческий поиск новых стратегий управления финансами [5].

Следует также отметить значительную роль школы Казанского федерального университета (А.А. Аюпов [1], В.И. Вагизова [2], И.А. Кох [4], и др.) в исследованиях адаптационных моделей использования инновационных финансовых продуктов в финансово-кредитной системе и современные формы финансово-кредитного обеспечения инновационного взаимодействия хозяйствующих субъектов реального и финансового секторов отечественной экономики.

Практическая значимость исследования определяется тем, что основные положения и рекомендации могут быть использованы компаниями текстильной отрасли в целях обеспечения их эффективного функционирования и развития.

## ВЫВОДЫ

В результате исследования сделаны следующие выводы. Текстильная отрасль Ивановской области исторически является одной из самых крупных и стратегически важных для промышленности региона. В настоящее время она переживает кризис, который вызывает необходимость активизации деятельности по разработке и реализации инновационных финансовых продуктов и процессов для повышения эффективности ее функционирования. Предложено использовать комбинации инструментов финансового рынка, позволяющее проектировать различные финансовые продукты с целью мобилизации инвестиционных ресурсов, а также хеджирования возможных рисков. В качестве примера такого сочетания рекомендован инновационный лизинг, как одно из направлений привлечения инвестиций в текстильную отрасль Ивановской области. Разработаны возможные способы привлечения инвестиционных ресурсов для операций лизинга через инструменты фондового рынка с различными вариантами моделей, в частности, использо-

вание средств страховых компаний с применением инструментов рынка ценных бумаг (инвестирование банковского векселя в резервный фонд страховой компании), а также использование облигационного займа. Вариантами хеджирования рисков при ведении лизинговой деятельности являются как традиционные методы обеспечения лизинга: залог, поручительство, банковская гарантия, задаток, так и инновационные: форвардный лизинговый контракт, вексель, процентный фьючерсный контракт. Предложенные автором модели применения инструментов рынка ценных бумаг, как источника финансирования и способа хеджирования финансового и инновационного рисков, позволит предприятиям, осуществляющим деятельность на рынке лизинговых услуг, выполнить реновацию производственно-технической базы и расширить сферы деятельности, производимые за счет средств, извлеченных на фондовом рынке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аюпов А. А. Методология формирования и использования инновационных финансовых продуктов: Дис.... докт. экон. наук. – Тольятти, 2008.
2. Вагизова В.И. Финансово-кредитное обеспечение инновационного взаимодействия хозяйствующих субъектов в региональной экономической системе: Дис.... докт. экон. наук. – Казань, 2009.
3. Ивановская область в цифрах: Крат. стат. сб. / Ивановостат. – Иваново, 2020.
4. Кох И.А. Теория и методология портфельного инвестирования на российском рынке ценных бумаг: Дис.... докт. экон. наук. – Саратов, 2009.
5. Маршалл Джон Ф., Бансал Випул К. Финансовая инженерия: Полное руководство по финансовым нововведениям / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1998.
6. <http://hb-tex.ru/history>.
7. <https://invest-ivanovo.ru/news/index-promyshlennogo-proizvodstva-v-ivanovskoy-oblasti-po-itogam-2020-goda-vyros-na-3-5-/>
8. <https://raexpert.ru/researches/leasing/2020/>.
9. [https://raexpert.ru/researches/leasing/2019](https://raexpert.ru/researches/leasing/2019/).
10. [https://raexpert.ru/researches/regions/economic\\_health\\_regions\\_2020](https://raexpert.ru/researches/regions/economic_health_regions_2020).
11. <https://regnum.ru/news/economy/3081254.html>.
12. <https://riarating.ru/infografika/20200602/630170513.html>.
13. <https://vek.news/news/15624>.
14. [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2019.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2019.pdf).
15. <https://www.economy.gov.ru/material/file/1a1ca8072cb3d40ca4c327cb2d83efe5/200915.pdf>.
16. <https://www.economy.gov.ru/material/file/60c1eae0354df9cf5b2f2c13b39eb717/20180219.pdf>.

## REFERENCES

1. Ayupov A. A. Metodologiya formirovaniya i ispol'zovaniya innovatsionnykh finansovykh produktov: Dis.... dokt. ekon. nauk. – Tol'yatti, 2008.
2. Vagizova V.I. Finansovo-kreditnoe obespechenie innovatsionnogo vzaimodeystviya khozyaystvuyushchikh sub"ektov v regional'noy ekonomicheskoy sisteme: Dis.... dokt. ekon. nauk. – Kazan', 2009.
3. Ivanovskaya oblast' v tsifrakh: Krat. stat. sb. / Ivanovostat. – Ivanovo, 2020.
4. Kokh I.A. Teoriya i metodologiya portfel'nogo investirovaniya na rossiyskom rynke tsennykh bumag: Dis....dokt. ekon. nauk. – Saratov, 2009.
5. Marshall Dzhon F., Bansal Vipul K. Finansovaya inzheneriya: Polnoe rukovodstvo po finansovym novovvedeniyam / Per. s angl. – М.: INFRA-M, 1998.
6. <http://hb-tex.ru/history>.
7. <https://invest-ivanovo.ru/news/indeks-promyshlennogo-proizvodstva-v-ivanovskoy-oblasti-po-itogam-2020-goda-vyros-na-3-5-/>
8. <https://raexpert.ru/researches/leasing/2020/>.
9. <https://raexpert.ru/researches/leasing/2019>.
10. [https://raexpert.ru/researches/regions/econo-mic\\_health\\_regions\\_2020](https://raexpert.ru/researches/regions/econo-mic_health_regions_2020).
11. <https://regnum.ru/news/economy/3081254.html>.
12. <https://riarating.ru/infografika/20200602/630170513.html>.
13. <https://vek.news/news/15624>.
14. [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2019.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2019.pdf).
15. <https://www.economy.gov.ru/material/file/1a1ca8072cb3d40ca4c327cb2d83efe5/200915.pdf>.
16. <https://www.economy.gov.ru/material/file/60c1eae0354df9cf5b2f2c13b39eb717/20180219.pdf>.

Рекомендована кафедрой экономики, управления и финансов. Поступила 09.08.21.

УДК 338.12

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_12

## СОСТОЯНИЕ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ 21 ВЕКА

### THE STATE OF LIGHT INDUSTRY IN THE VLADIMIR REGION IN THE CONTEXT OF ECONOMIC CRISES OF THE 21ST CENTURY

*А.К. КАЙДАШОВА, Е.Ю. СИЗГАНОВА, А.А. АШИН*

*A.K. KAYDASHOVA, E.YU. SIZGANOVA, A. A. ASHIN*

**(Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации, Владимирский филиал)**

**(Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Vladimir branch)**

E-mail: akaidashova@mail.ru, sizganov@rambler.ru, andrey09122004@mail.ru

*Россия трижды за первые два десятилетия 21 в. переживала экономический кризис. Каждый из них имел свой генезис, длительность, глубину и пострадавшие секторы экономики. В статье дана характеристика и построен отраслевой профиль кризисов 2008, 2014 и 2020 гг., проведена оценка их влияния на разные отрасли, в том числе легкую промышленность Владимирской области. На основе собранной статистической информации и проведенного анализа выделены тенденции антикризисного поведения легкой промышленности, которые могут быть учтены при формировании стратегии региона в целях обеспечения его устойчивого развития.*

*In the first two decades of the 21st century Russia went through an economic crisis three times. Each of them had its own genesis, duration, depth and suffered sectors of the economy. In the article the sectoral profile of the crisis of 2008, 2014 and 2020 is described and built, their impact on various industries, including the*



*light industry of the Vladimir region, is assessed. Based on the collected statistical information and the conducted analysis the trends of the light industry anti-crisis behavior were identified, which can be taken into account when forming the strategy of the region in order to ensure its sustainable development.*

**Ключевые слова:** легкая промышленность, Владимирская область, экономический кризис, отраслевой профиль кризиса.

**Keywords:** light industry, Vladimir region, economic crisis, sectoral profile of the crisis.

### *Введение*

Любая социально-экономическая система развивается циклично – от устойчивого к неустойчивому развитию, от эффективного к неэффективному, и наоборот. Экономические кризисы, являющиеся главными причинами неустойчивости развития территории как системы, всегда имеют неодинаковые последствия для разных секторов экономики, а значит и территорий, улучшая самочувствие одних регионов и нанося сокрушительный удар по другим [3], [14].

Последние два десятилетия для России оказались весьма "урожайными" на экономические провалы. Каждый из кризисов 2008, 2014 и 2020 гг. имел свое "лицо", генезис и социально-экономические последствия. При этом регионально-отраслевая проекция каждого из них изучена на данный момент недостаточно глубоко. Рассматривая экономический спад с точки зрения его влияния на пространственное развитие территории, отметим, что кризисное состояние системы всегда сглаживает региональное социально-экономическое неравенство, вследствие торможения развития, прежде всего, сильных территорий [1].

Целью данного исследования стало формирование отраслевого профиля перечисленных кризисов и оценка их влияния на состояние легкой промышленности Владимирской области, а также другие секторы экономики.

Цель определила решение двух задач: 1) определение регионально-отраслевого характера каждого из кризисов; 2) оценка состояния легкой промышленности Владимирской области, обусловленного каждым из кризисов.

### *Методы*

Методологической основой исследования послужили теоретические положения региональной и пространственной экономики. Для получения значимых выводов использовались аналитический, сравнительный и статистический методы исследования.

С целью составления сравнительной характеристики влияния кризисов 2008, 2014 и 2020 гг. на экономику территорий и оценки произошедших в связи с этим отраслевых изменений в экономике субъектов Российской Федерации (и непосредственно Владимирской области) в работе были использованы статистические данные Федеральной службы государственной статистики, а также данные исследований отечественных и зарубежных авторов.

Для решения первой задачи были проанализированы временные ряды экономических индикаторов, отражающих кризисные явления – промышленное производство, розничная торговля, платные услуги. Пространственная проекция данных показателей продемонстрировала наиболее пострадавшие секторы экономики и соответственно субъекты РФ с максимальной долей данных секторов по итогам каждого из кризисов. Анализ отраслевой структуры обрабатывающей промышленности Владимирской области, составляющей 1/3 в ВРП, позволил выявить самые уязвимые отрасли в регионе, принявшие удар во время кризисов на себя, и относительно устойчивые, среди которых оказалась также легкая промышленность.

Для решения второй задачи исследования была изучена динамика абсолютных и относительных показателей в 2008-2009 гг.,

2014-2016 гг. и 2020 г., демонстрирующих вклад легкой промышленности в ВРП Владимирской области. Сравнительный анализ динамических изменений индекса производства текстильных изделий, одежды, кожи и изделий из нее в регионе и России в целом позволил сделать выводы о посткризисной реакции ряда подотраслей легкой промышленности в коронавирусный кризис. Оценка изменений объема производства отдельных текстильных номенклатурных позиций в 2020 г. по сравнению с уровнем 2019 г. обнажила структурные трансформации покупательского спроса, при этом подчеркнула маневренность отрасли и способность перенастраиваться на актуальный ассортимент.

#### *Результаты и обсуждения*

Начавшийся с обрушения жилищных рынков в США и системы ипотечного кредитования, кризис 2008-2009 гг. имел экономическую природу и по своим масштабам стал глобальным [9], [15]. Это был серьезный банковский кризис, трансформировавшийся в экономический [2]. Спад промышленного производства в России составил 11% в 2009 г., что дает основание называть этот кризис промышленным [4].

Наиболее уязвимыми к кризису оказались экспортоориентированные регионы с металлургическим и машиностроительным профилем (Вологодская, Челябинская, Свердловская, Курская области, Пермский край). Ощутимый спад наблюдался в сырьевых и обрабатывающих отраслях, а значит и регионах с весьма заметной долей этих производств, например, Нижегородской, Ульяновской областях [8].

Владимирская область в этот период не попала в зону повышенного риска, при этом отрицательная экономическая динамика имела место. Рассматривая отраслевую структуру обрабатывающей промышленности региона, доля которой в ВРП области составляла в 2009 г. 29,6%, обратим внимание на следующие трансформации за 2008-2009 гг. (табл. 1) [6]:

– явный долевым прирост продемонстрировала пищевая промышленность (+6,2%);

– абсолютные и относительные потери понесли производство электрооборудования (-6,6%) и металлургия (-3%);

Самочувствие легкой промышленности за двухлетний период заметно улучшилось. Долевой прирост отрасли с 2,8 до 4,1% соответствовал абсолютным изменениям (с 4503,9 до 5832,3 млн. руб.), при том, что в целом удельный вес отрасли в структуре обрабатывающей промышленности региона минимален. Понимая, что в период экономического спада население экономит на предметах гардероба, непродовольственных товарах, объясняем сложившуюся положительную динамику объемов производства отчасти и инфляционными процессами.

Отметим, что легкая промышленность региона представлена преимущественно ткацкими предприятиями и производителями одежды, и в меньшей степени производителями в кожевенной индустрии [7]. Яркими представителями отрасли являются: ООО "Детская одежда" (управляющая компания регионального вертикально-интегрированного холдинга, в состав которого входят швейная фабрика "Победа", "Киржачский шелковый комбинат" "Камешковская прядильно-ткацкая фабрика"); АО "Собинская швейная фабрика"; АО "Юрьев-Польская ткацко-отделочная фабрика "Авангард"; АО "Городищенская отделочная фабрика"; АО "Александровский трикотаж"; АО "Гусь-Хрустальный текстильный комбинат"; ООО "Владимирская обувная фабрика" и др. Продукция предприятий самая разнообразная – ткани, одежда, полиэфирное волокно, марля медицинская, перевязочные материалы, вата и др. В 2010 г. область занимала 3-е место по производству тканей после Ивановской области и Тульской, 36-е – по производству трикотажных изделий, 29-е – по чулочносочным изделиям и 3-е место по производству обуви, уступая Краснодарскому краю и Московской области.

Доля легкой промышленности в ВРП Владимирской области за 2008-2019 гг. варьировала в диапазоне 1,8...4,1% (рис. 1).

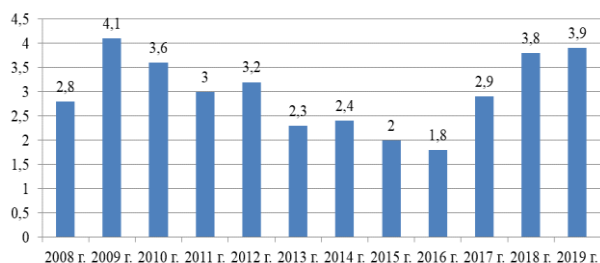


Рис. 1

Кризис, начавшийся в РФ еще в 2013 г., вследствие внутренних экономических проблем, обусловленных институциональными причинами, был усилен к концу 2014 г. внешними обстоятельствами – введенными санкциями и падением цен на нефть [5].

Этот кризис, в отличие от предыдущего, не носил явного промышленного характера, и спад составил лишь 2%. Основной удар пришелся на розничную торговлю, падение которой достигло 9% в 2015 г.

Регионально-отраслевая проекция данного кризиса говорит о том, что в числе наиболее пострадавших оказались регионы с развитым автомобилестроением и машиностроением (Калининградская, Калужская, Оренбургская области и др.).

Лучшую экономическую устойчивость продемонстрировали территории, специализирующиеся на пищевой промышленности, отреагировавшие на новые рыночные возможности в результате ухода иностранных компаний с российского рынка, и регионы военно-промышленного комплекса, получившие импульс экономического развития вследствие государственных заказов для укрепления безопасности страны.

Отраслевая реакция Владимирской области несколько отличалась от национальных трендов и продемонстрировала более серьезные изменения в промышленности – сокращение индекса промышленного производства со 109,2% в 2014 г. до 99,4% в 2015 г., снижение индекса физического объема оборота розничной торговли со 101,4 до 90,6%.

Поскольку кризис оказался длительным, обратимся к отраслевой структуре обрабатывающей промышленности (ее доля в 2015 г. составляла 30% от ВРП) региона за трехлетний период – 2014-2016 гг. (табл. 1 – отраслевая структура обрабатывающей промышленности Владимирской области в 2008-2009 гг. и 2014-2016 гг., млн. руб. (%)).

Таблица 1

Виды экономической деятельности	2008	2009	2014	2015	2016
Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	36352,78 (22,6)	40968,58 (28,8)	101319,29 (32,3)	129401,79 (34,4)	161756,44 (39,3)
Текстильное, швейное производство, производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	4503,884 (2,8)	5832,332 (4,1)	7528,368 (2,4)	7523,36 (2,0)	7408,692 (1,8)
Обработка древесины и производство изделий из дерева	3377,913 (2,1)	3129,544 (2,2)	8469,414 (2,7)	8651,864 (2,3)	6997,098 (1,7)
Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	1608,53 (1,0)	1707,024 (1,2)	2509,456 (0,8)	3385,512 (0,9)	18521,73 (4,5)
Производство кокса и нефтепродуктов, химическое производство, производство резиновых и пластмассовых изделий	15281,04 (9,5)	12518,18 (8,8)	34191,338 (10,9)	44387,824 (11,8)	50626,062 (12,3)
Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	15281,04 (9,5)	13656,19 (9,6)	21330,376 (6,8)	24450,92 (6,5)	25518,828 (6,2)
Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	13189,95 (8,2)	7397,104 (5,2)	24153,514 (7,7)	26707,928 (7,1)	28399,986 (6,9)
Производство машин, транспортных средств и оборудования	25253,92 (15,7)	22333,56 (15,7)	31368,2 (10)	36112,128 (9,6)	39924,618 (9,7)
Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	32653,16 (20,3)	19488,52 (13,7)	36700,794 (11,7)	44387,824 (11,8)	46921,716 (11,4)
Прочие виды обрабатывающих производств	13350,8 (8,3)	15220,96 (10,7)	46111,254 (14,7)	51158,848 (13,6)	52272,438 (12,7)
Итого	160853 (100)	142252 (100)	313682 (100)	376168 (100)	411594 (100)

Примечание. Составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

Отраслевые изменения в регионе за 2014-2016 гг. продемонстрировали:

- пищевая промышленность – самый существенный прирост в абсолютном (с 101319,29 до 161756,44 млн. руб.) и относительном выражении (с 32,3 до 39,3%), что говорит о грамотных антисанкционных мерах региона;

- химическое производство, прирост которого составил 1,4%, при его значительном удельном весе в структуре ВРП;

- целлюлозно-бумажное производство с приростом в 3,7%.

К пострадавшим отраслям Владимирской области в период кризиса 2014 г.

можно отнести деревообрабатывающую индустрию (-1%). Незначительный спад был зафиксирован и в легкой промышленности (-0,6%), состояние которой за трехлетний период можно охарактеризовать, скорее, как устойчивое, так как заметных изменений не произошло.

Рассматривая общероссийские тенденции, отметим, что стабильность отрасли обеспечивало производство тканей на фоне сокращения объемов выпуска одежды и обуви (табл. 2 – производство отдельных видов продукции легкой промышленности в РФ за 2014-2016 гг.).

Таблица 2

Виды изделий	2014	2015	2016
Ткани, млн. кв. м	3995	4530	5407
Трикотажные изделия, млн. шт.	138	115	125
Изделия чулочно-носочные, тыс. пар	213	206	225
Обувь, тыс. пар	109	91,7	95,2

Примечание. Составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

Экономический кризис 2020 г., вызванный пандемией Covid-19, стал глобальным, как и кризис 2008 г. [13]. Самоизоляция привела к спаду покупательского спроса, деловой активности, снижению цен на нефть и продукцию экспортоориентированных отраслей. В острой фазе кризиса, апреле-мае 2020 г., серьезный удар был нанесен по сектору рыночных услуг (гостинично-ресторанный сектор, развлечения, транспорт и пр.) и торговле [12].

Регионально-отраслевая проекция кризиса показала, что наиболее чувствительными к кризису оказались крупные города с развитой сервисной экономикой (г. Москва, г. Санкт-Петербург, г. Екатеринбург и др.), регионы с высокой долей ТЭК (Ненецкий и Ханты-Мансийский АО, Республика Коми и Якутия, Красноярский край, Томская область – спад составил 7...11%) и автомобилестроения (Калининградская, Нижегородская, Ульяновская области – 7...9%). Вследствие снижения глобального спроса пострадали и экспортоориентированные отрасли (угольная, металлургическая). Не менее острая ситуация сформировалась в Костромской области,

где расположены крупнейшие производители ювелирных изделий. Индекс промышленного производства в 2020 г. по стране в целом составил 97,1% по сравнению с 2019 г., что выглядит довольно оптимистично вопреки рыночным ожиданиям [11].

В текстильном производстве по итогам 2020 г. по ряду видов продукции был зафиксирован заметный прирост объема производства по сравнению с уровнем 2019 г. (спецодежда – 139,6%, нитки – 116,7%, ткани – 108,5%, костюмы производственные и профессиональные – 108,2%, полотна трикотажные (вязаные) – 102,9%), что можно объяснить возросшим спросом на текстильные изделия в сфере здравоохранения (маски, одежда для медработников, одноразовые материалы).

О состоянии легкой промышленности Владимирской области говорят следующие показатели: индекс производства текстильных изделий в январе-ноябре 2020 г. по сравнению с аналогичным периодом 2019 г. составил 114,3%, индекс производства одежды – 85,1%, индекс производства кожи и изделий из кожи – 73,5%. По России в целом тенденции сохранились, но с более оп-

тимистичными значениями индексов производства текстильных изделий, одежды и кожаных изделий – 111,1%, 101% и 86,5% соответственно [10] (рис. 2 – индекс производства ряда изделий легкой промышленности в РФ и Владимирской области в январе-ноябре 2020 г. по сравнению с аналогичным периодом 2019 г., %).

В структуре ВРП Владимирской области в предкризисный период (по данным 2018 г.) по-прежнему преобладали обрабатывающие производства, доля которых составляла 33,2%. Изменения по видам экономической деятельности в структуре обрабатывающих производств за январь-ноябрь

2020 г. представлены в табл. 3 – отраслевые изменения в структуре обрабатывающей промышленности Владимирской области в 2020 г, в % к январю-ноябрю 2019 г.

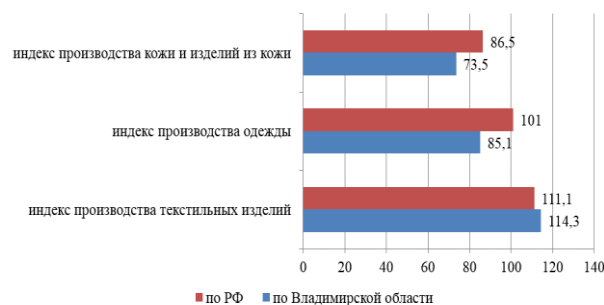


Рис. 2

Т а б л и ц а 3

Виды экономической деятельности	2020 г., в % к январю-ноябрю 2019 г.
Производство пищевых продуктов	109,1
Производство напитков	162,5
Текстильное производство	114,3
Производство одежды	85,1
Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	73,5
Обработка древесины и производство изделий из дерева	134,1
Целлюлозно-бумажное производство	118,2
Издательская и полиграфическая деятельность	78,2
Химическое производство	98,8
Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	131,4
Производство резиновых и пластмассовых изделий	101,9
Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	103,2
Металлургическое производство	112,0
Производство готовых металлических изделий	96,6
Производство машин, транспортных средств и оборудования	97,0
Производство электронного и оптического оборудования	71,1
Производство электрооборудования	100,4

П р и м е ч а н и е. Составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

Как видим, состояние ряда отраслей обрабатывающей промышленности за январь-ноябрь 2020 г. заметно улучшилось (производство продуктов и напитков, древесины и изделий из дерева, медикаментов, целлюлозно-бумажное и текстильное производство). Серьезные потери понесли производство электронного и оптического оборудования, одежды и обуви, издательская и полиграфическая деятельность.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что промышленный сектор экономики региона перенес все три кризиса без серьезных проблем, по сравнению с некоторыми другими территориями. Вместе с

тем, Владимирская область, не попав в списки наиболее пострадавших регионов ни в один из кризисов, понесла потери. Так, экономический кризис 2009 г. нанес удар по металлургическому производству области и производству электрооборудования, кризис 2014 г. – по деревообрабатывающему производству, в 2020 г. пострадавшими оказались производство электронного и оптического оборудования, одежды и обуви, издательская и полиграфическая деятельность. Пищевая промышленность, производство лекарств, деревообрабатывающее производство сгладили падение деловой активности в целом по региону в 2020 г.

Все три кризиса показали хорошую динамику в пищевой промышленности. В легкой промышленности региона серьезных трансформаций не происходило, отклонение объемов производства наблюдалось по отдельным номенклатурным позициям в ответ на колебание покупательского спроса.

## ВЫВОДЫ

Составив отраслевую проекцию экономических кризисов 21 века, можно сделать следующие выводы о состоянии и развитии легкой промышленности Владимирской области в этот период.

1. Несмотря на то, что отрасль имеет небольшой удельный вес в структуре ВРП Владимирской области, ее состояние можно определить как устойчивое и наименее подверженное влиянию экономических кризисов. Демонстрируя наименьшую уязвимость к кризисам, легкая промышленность обеспечивает стабильный вклад в ВРП и бюджет региона, давая импульс развитию экономики территории и экономическую стабильность.

2. Продукция легкой промышленности многономенклатурна и ориентирована на разные отрасли – мебельную, автомобильную, химическую, пищевую и др. Именно это дает возможность легкой индустрии маневрировать между отраслями поставки и в период кризисов переключаться на "надежных" покупателей. В период пандемии антикризисными товарными позициями стали медицинские маски, спецодежда, одноразовые материалы и др. Таким образом, отрасль неоднократно продемонстрировала свою гибкость и способность подстраиваться под требования рынка.

3. Рассматривая состояние подотраслей легкой промышленности региона в период кризисов, становится очевидной лучшей выживаемость текстильного производства, в то время как производство одежды и обуви обладают менее крепким "иммунитетом".

4. Диверсифицированная отраслевая структура региональной экономики позволяет сглаживать особенно острые последст-

вия экономических кризисов и минимизировать риски. Следовательно, для обеспечения устойчивого экономического развития территории в ее отраслевой структуре должны быть в числе прочих наименее подверженные воздействию кризиса отрасли – пищевая, легкая промышленность, производство лекарственных средств и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ашин А.А., Кайдашова А.К., Сизганова Е.Ю. Социально-экономическое развитие субъектов ЦФО в контексте измерения индекса устойчивости // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2020, №5. С. 115...123.

2. Авен П.О., Борисов С.Р., Шохин А.Н. и др. Бизнес и власть в России: теория и практика взаимодействия. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011.

3. Грасмик К.И., Дусь Ю.П. Инновации в легкой промышленности: влияние экономического кризиса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 4. С. 5...8.

4. Зубаревич Н.В. Региональная проекция нового российского кризиса // Вопросы экономики. – 2015, № 4. С. 37...52. doi: 10.32609/0042-8736-2015-4-37-52

5. Зубаревич Н.В., Сафронов С.Г. Регионы России в острой фазе коронавирусного кризиса: отличия от предыдущих экономических кризисов 2000-х // Региональное развитие. – 2020, №2. С. 4...16. doi: 10.5922/1994-5280-2020-2-1

6. Кайдашова А.К., Сизганова Е.Ю., Ашин А.А. Регионально-отраслевой профиль кризисов XXI века // Экономика и предпринимательство. – 2021, №2. С. 381...385. doi: 10.34925/EIP.2021.126.01.056

7. Ловкова Е.С., Савельев И.И., Мищенко В.И., Илларионов А.Е., Селезнев П.С. Развитие текстильной промышленности во Владимирской области // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 6. С. 23...26.

8. Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И. Кризисное и межкризисное развитие современной России в разных географических масштабах // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2009, № 4. С. 7...16.

9. Trece C.P. The first international financial crisis in the 21st century: causes and effects [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.theeconomyjournal.eu/texto-diario/mostrar/776666/the-first-international-financial-crisis-in-the-21st-century-causes-and-effects#> (дата обращения: 12.01.2021).

10. Доклад "Экономическое положение Владимирской области" [Электронный ресурс]. – URL: <https://gks.ru/region/doc11117/> (дата обращения: 27.01.2021).

11. О промышленном производстве в 2020 году [Электронный ресурс]. – URL: [https://gks.ru/bgd/free/B04\\_03/IssWWW.exe/Stg/d02/8.htm](https://gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/8.htm). (дата обращения: 26.01.2021).

12. Экономические и социальные последствия коронавируса в России и в мире: Аналитический бюллетень Высшей школы экономики. № 4. М., 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/370616519.pdf> (дата обращения 30.11.2020).

13. Cunningham S. Reconomics: the path to resilient prosperity. 411 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.stormcunningham.com> (дата обращения 27.12.2020).

14. Foster K.A. A case study approach to understanding regional resilience. Journal of Institute of urban and regional development, vol. 8. pp. 45. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.econstor.eu/obitstream/10419/59413/1/592535347.pdf> (дата обращения 27.12.2020).

15. Fox J. What We've Learned from the Financial Crisis. Journal of Harvard Business Review. vol. 11. [Электронный ресурс]. – URL: <https://hbr.org/2013/11/what-weve-learned-from-the-financial-crisis> (дата обращения 22.12.2020).

#### REFERENCES

1. Ashin A.A., Kaydashova A.K., Sizganova E.Yu. Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie sub"ektov TsFO v kontekste izmereniya indeksa ustoychivosti // Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. – 2020, №5. S.115...123.

2. Aven P.O., Borisov S.R., Shokhin A.N. i dr. Biznes i vlast' v Rossii: teoriya i praktika vzaimodeystviya. – М.: Izd. dom Vysshey shkoly ekonomiki, 2011.

3. Grasmik K.I., Dus' Yu.P. Innovatsii v legkoy promyshlennosti: vliyanie ekonomicheskogo krizisa // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 4. S. 5...8.

4. Zubarevich N.V. Regional'naya proektsiya novogo rossiyskogo krizisa // Voprosy ekonomiki. – 2015, №4. S. 37...52. doi: 10.32609/0042-8736-2015-4-37-52

5. Zubarevich N.V., Safronov S.G. Regiony Rossii v ostryy faze koronavirusnogo krizisa: otlichiya ot predydushchikh ekonomicheskikh krizisov 2000-kh // Regional'noe razvitie. – 2020, №2. S. 4...16. doi: 10.5922/1994-5280-2020-2-1

6. Kaydashova A.K., Sizganova E.Yu., Ashin A.A. Regional'no-otraslevoy profil' krizisov KhKhI veka // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2021, №2. S.381...385. doi: 10.34925/EIP.2021.126.01.056

7. Lovkova E.C., Savel'ev I.I., Mishchenko V.I., Ilarionov A.E., Seleznev P.S. Razvitie tekstil'noy promyshlennosti vo Vladimirskoy oblasti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 6. S. 23...26.

8. Nefedova T.G., Treyvish A.I. Krizisnoe i mezhkrizisnoe razvitie sovremennoy Rossii v raznykh geograficheskikh masshtabakh // Izv. RAN. Ser. geogr. – 2009, № 4. S. 7...16.

9. Trece C.P. The first international financial crisis in the 21st century: causes and effects [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://www.theeconomyjournal.eu/texto-diario/mostrar/776666/the-first-international-financial-crisis-in-the-21st-century-causes-and-effects#> (data obrashcheniya: 12.01.2021).

10. Doklad "Ekonomicheskoe polozhenie Vladimirskoy oblasti" [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://gks.ru/region/doc/11117/> (data obrashcheniya: 27.01.2021).

11. O promyshlennom proizvodstve v 2020 godu [Elektronnyy resurs]. – URL: [https://gks.ru/bgd/free/B04\\_03/IssWWW.exe/Stg/d02/8.htm](https://gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/8.htm). (data obrashcheniya: 26.01.2021).

12. Ekonomicheskie i sotsial'nye posledstviya koronavirusa v Rossii i v mire: Analiticheskiy byulleten' Vysshey shkoly ekonomiki. № 4. М., 2020. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/370616519.pdf> (data obrashcheniya 30.11.2020).

13. Sunningham S. Reconomics: the path to resilient prosperity. 411 p. [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://www.stormcunningham.com> (data obrashcheniya 27.12.2020).

14. Foster K.A. A case study approach to understanding regional resilience. Journal of Institute of urban and regional development, vol. 8. pp. 45. [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://www.econstor.eu/obitstream/10419/59413/1/592535347.pdf> (data obrashcheniya 27.12.2020).

15. Fox J. What We've Learned from the Financial Crisis. Journal of Harvard Business Review. vol. 11. [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://hbr.org/2013/11/what-weve-learned-from-the-financial-crisis> (data obrashcheniya 22.12.2020).

Рекомендована кафедрой государственного и муниципального управления. Поступила 21.06.21.

**МАРКЕТИНГОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В КИТАЕ\***

**MARKETING ASPECTS  
OF TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES DEVELOPMENT IN CHINA**

*М.Ю. ШЕРЕШЕВА, ЦЗЮНЬ ЦЖИ ДЭН, И.И. САВЕЛЬЕВ,  
О.В. ПОЧЕКАЕВА, С.В. НИКИФОРОВА*

*M.YU. SHERESHEVA, JUN ZHI DENG, I.I. SAVELEV,  
O.V. POSHEKAEVA, S.V. NIKIFOROVA*

(Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
Волжский государственный университет водного транспорта,  
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации)

(Lomonosov Moscow State University,  
Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs,  
Volga State University of Water Transport,  
Financial University under the Government of the Russian Federation)

E-mail: m.sheresheva@mail.ru; sii-33@mail.ru

*Рассмотрены маркетинговые аспекты успешного развития текстильных предприятий Китая, с особым акцентом на стейкхолдерский подход в маркетинге взаимоотношений; показано, что конкурентоспособность китайских текстильных предприятий основана на формировании устойчивых взаимоотношений и цепочек создания ценности в кластерах, представляющих собой экосистемы бизнеса, реализующих единую маркетинговую стратегию.*

*In the article, the marketing aspects of Chinese textile enterprises' successful development are considered, with special emphasis on the stakeholder approach in relationship marketing; it is shown that the competitiveness of Chinese textile enterprises is based on the sustainable relationships and value chains within clusters representing the business ecosystems and implementing a unified marketing strategy.*

**Ключевые слова:** маркетинг взаимоотношений, текстильные кластеры, Китай.

**Keywords:** relationship marketing, textile clusters, China.

В 2010 г. Китай стал крупнейшим экспортером в мире, а с 2014 г. экономика Китая признается как крупнейшая в мире. Одной из отраслей-лидеров в Китае является

легкая промышленность, на долю которой приходится более 21% всего промышленного производства. Предприятия легкой промышленности расположены преимущественно

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ивановской области в рамках научного проекта № 20-410-370005 «Очарование текстиля: разработка теоретико-методологических основ формирования национального центра индустрии моды на базе традиционного текстильного производственного комплекса Ивановской области».

\* The research was funded by RFBR and Ivanovo Region, project number 20-410-370005.



венно в Восточном, Северном и Центральном-Южном регионах, включая более 23,3 тыс. предприятий текстильной промышленности. Производство и переработка сырья для этих предприятий четко ориентированы: на Севере Китая производятся шерсть и конопля, на Юге – шелк, джут, кенаф [1, с.86].

Опыт Китайской Народной Республики показывает, что маркетинг текстильной продукции и швейных изделий, наряду с формированием благоприятной институциональной среды и обеспечением технологических условий, играет существенную роль в обеспечении конкурентоспособности предприятий текстильной отрасли. Учет соответствующего опыта может быть полезен для успешного развития текстильных предприятий в России и наращивания их вклада в обеспечение потребностей населения страны.

В настоящей статье поставлена задача показать место и роль маркетинга текстильной продукции и швейных изделий Китая на основе научно-методологической базы, заложенной в работах российских и зарубежных исследователей.

*Маркетинг в текстильной отрасли: теоретические аспекты*

Число работ, посвященных маркетингу текстильной и швейной продукции, существенно выросло в последние годы. Например, согласно библиометрическому обзору, основанному на анализе баз данных Web of Science Core Collection, объем ежегодных публикаций в области маркетинговых исследований текстиля и моды ежегодно рос с 2007 по 2017 гг. и по 2019 г. [2, с. 107].

Важно подчеркнуть, что в более ранних публикациях в качестве основной задачи маркетологов в данной сфере рассматривается дизайн и продажа продукции, что обусловлено спецификой рынков легкой промышленности, где крайне важны платежеспособность и предпочтения потребителей, доступность товаров, их качество и дизайн, а также предпродажные услуги и реклама. В более поздних работах делается дополнительный акцент на использовании современных технологий и инноваций, обеспечивающих более точное понимание быстро

меняющихся запросов рынка и, как результат, вывод на рынок продукции, наиболее привлекательной с точки зрения целевых аудиторий. Кроме того, в современной теории маркетинга растущее значение придается стейкхолдерскому подходу в маркетинге взаимоотношений, разработанному представителями IMPGroup [3, с. 855...871].

Интерес к стратегическим маркетинговым подходам, основанным на взаимоотношениях, сильно возрос за последнее время в связи с расширением глобальных рынков, ростом конкуренции и применением информационных и коммуникационных технологий. Был предложен ряд моделей, среди которых можно выделить модель "шести рынков" ("sixmarkets" stakeholder model). Согласно данной модели маркетологам в своей деятельности необходимо учитывать шесть рыночных областей [4]:

(1) "рынки клиентов" (включая существующих и потенциальных клиентов, а также посредников);

(2) "референтные рынки" (включая две основные категории – существующие клиенты, которые рекомендуют своих поставщиков другим, и референтные источники, или "мультипликаторы"; например, бухгалтерская фирма может направлять работу в юридическую фирму);

(3) "рынки влияния" (включая финансовых аналитиков, акционеров, деловую прессу, правительство и активные группы потребителей);

(4) "рынки сотрудников" (связанные с привлечением нужных сотрудников в организацию);

(5) "рынки поставщиков" (сюда входят традиционные поставщики, а также организации, с которыми фирмы в той или иной форме находятся в стратегическом союзе);

(6) "внутренние рынки" (организация, включая внутренние отделы и персонал).

Каждая из шести рыночных областей может быть подразделена таким образом, чтобы охватить все основные группы заинтересованных сторон (стейкхолдеров). Это дает менеджерам организаций хорошую структурную основу для анализа новых возможностей, выделения стратегически важных областей рынка, поиска ключевых

целевых аудиторий и адекватного позиционирования.

Таким образом, маркетинговые аспекты деятельности предприятий на современных рынках, включая рынки текстиля, не сводятся к вопросам продвижения и продаж, охватывая взаимоотношения в бизнес-экосистемах, выступающих в качестве базовой основы конкурентоспособности предприятий [5, с.62...67]. Поэтому большой интерес для рассмотрения представляют текстильные кластеры КНР и лежащая в их основе модель маркетинга взаимоотношений текстильных компаний.

*Текстильные кластеры КНР как экосистемы бизнеса с единой маркетинговой стратегией*

Отраслевой кластер – это группа предприятий, расположенных на определенной территории и объединенных экономической деятельностью по разработке, производству и продаже определенной продуктовой линейки. Ключевой аспект – комбинирование комплементарных ресурсов и компетенций предприятий кластера, синхронизация объемов производства и их сбалансированное развитие. Поскольку общие задачи развития КНР были связаны с формированием рыночной экономики, создание текстильных кластеров было обусловлено рыночным спросом как внутри страны, так и за рубежом.

Текстильные кластеры КНР относятся к эндогенному типу, который в значительной степени определяется локальными факторами, в том числе местными природными ресурсами, историей отрасли, предпринимательской культурой, крупными предприятиями, университетами или колледжами, специализированными рынками и характеристиками местной политической среды [6, с.185...186]. Такие кластеры в основном состоят из локальных фирм, преимущественно малых и средних, зачастую семейных, для которых особое значение имеет возможность преодолевать ресурсные ограничения посредством сетевого взаимодействия [7, с.3...21; 8, с.522...534; 9, с.374...398]. Тем не менее, на первом этапе они развивались по экзогенному типу, который предполагает использование прямых иностранных

инвестиций. Это обусловлено тем, что на начальном этапе реформ и политики открытых дверей в КНР делался четкий акцент на привлечение иностранных инвестиций, стимулировался приход предприятий из других стран, особенно из Японии и Гонконга, а также с Тайваня.

Иностранные предприятия, как правило, приходили не в одиночку. В соответствии с логикой маркетинга взаимоотношений основу конкурентоспособности составляют устоявшиеся, хорошо налаженные цепочки создания ценности, поэтому, когда основное предприятие перемещалось, его поставщики, то есть предприятия, поставляющие материалы для основного бизнеса, перемещались вместе с ним. Большинство из них занимались переработкой, ориентированной на экспорт, поэтому исследователи говорят об использовании в Китае модели маркетинга взаимоотношений экспортно-ориентированных текстильных компаний [10, с. 67...87].

Кроме того, сыграл важную роль принятый в Китае подход "один продукт - один город", который делает возможным четкое позиционирование и одновременно создает "точку притяжения" для развития бизнес-экосистем и формирования специализированных и достаточно гибких цепочек создания ценности, ориентированных на хорошо понятную целевую аудиторию. Так, опыт "шелковых" городов КНР показывает, что кластерный подход обеспечил интенсивное развитие текстильных и сопутствующих производств, включающих производство шелка, полиэфирное прядение, ткачество, крашение и отделку, глубокую переработку текстильных изделий, вплоть до производства одежды города Шеньчжень, известного со времен династий Мин и Цин как "шелковый город" (один из четырех, к которым относятся также города Сучжоу, Ханьчжоу и Тайху) [11].

Если на первоначальном этапе текстильные кластеры КНР характеризовались малым масштабом, обширной имитацией, низкой инновационной способностью и быстрым расширением при низком качестве, то с середины 1990-х годов, после начального периода быстрого развития,

предложение товара на внутреннем рынке Китая стало превышать спрос. Соответственно, если первоначально ключевыми стейкхолдерами в модели "шести рынков" выступали "рынки поставщиков" и правительство как представитель "рынков влияния", то в дальнейшем произошел переход к более сбалансированному учету интересов всех стейкхолдеров с акцентом на клиентоориентированность.

В дальнейшем становление текстильных кластеров позволило входящим в них предприятиям развить НИОКР на основе объединения ресурсов, как результат – сформировать экстенсивные продуктовые линии и обеспечить производство текстиля с высокой долей добавленной стоимости на основе высококачественных материалов [5].

Характерно, что большинство китайских кластеров прошло периоды спада из-за низкой динамики инноваций, недостаточного инновационного потенциала входящих в них малых и средних предприятий и возросшей рыночной конкуренции. Одним из главных источников проблем была недооценка маркетинговых аспектов развития, что заставило обратить серьезное внимание на качество, доверие потребителей и формирование региональных брендов. Примером может служить текстильный кластер Сицзяо, который также столкнулся с проблемами и затем перешел к наращиванию своего инновационного потенциала, четкому позиционированию и единой маркетинговой стратегии, поддерживаемой местной администрацией [6, с. 195...215].

*Сицзяо – позиционирование как исторического города текстиля и пионера модернизации текстильной промышленности Китая*

Текстильная промышленность в г. Сицзяо процветала еще во времена династии Тан (618–907 гг. н.э.) и достигла пика в период династии Мин (1368–1644 гг.) благодаря репутации Гуанчжоу как места производства шелка и пряжи высшего качества. Во времена династий Тан и Сун экономический центр Китая постепенно перемещался на юг. В процессе изучения и освоения района дельты Жемчужной реки началось выращивание тутового дерева, что дало сырье,

необходимое для развития шелковой текстильной промышленности.

В 1872 г. Чэнь Циюань, известный как отец текстиля, основал фабрику по машинной намотке шелка, что значительно стимулировало развитие местной промышленности. К 1924 г. в Сицзяо было уже 12 тыс. таких машин и производилась треть от общего числа операций по производству шелка в районе дельты Жемчужной реки. Во время второй мировой войны, когда Китай противостоял японской агрессии, текстильная промышленность была почти полностью разрушена и начала возрождаться только в конце 1980-х, когда в связи с быстрым ростом внутреннего спроса на текстильные товары в Сицзяо сформировалась производственная и сбытовая система с более чем тысячей фабрик и около 10 тыс. ткацких станков, производивших более 10 млн. метров текстильной продукции.

В 1986 г. городское правительство приняло решение координировать действия стейкхолдеров зарождающегося текстильного кластера. На базе начавшегося складываться благодаря местным производителям рынка продажи текстиля был сформирован Южный текстильный рынок – оптовый рынок на улице Цзяньпу Донг в районе Гуаншань. Около 400 оптовых магазинов с различными видами тканей привлекли как отечественных, так и зарубежных производителей и розничных торговцев, которые впоследствии открыли там свои предприятия. К 1995 г. Южный текстильный рынок Сицзяо стал одним из крупнейших профессиональных оптовых рынков в мире с 1338 магазинами тканей на площади 50 тыс. квадратных метров. Расширение этого профессионального рынка способствовало развитию смежных отраслей, предлагающих сопутствующие услуги. К середине 1990-х гг. насчитывалось 2234 текстильных фабрики, 13 432 ткацких станка и более 20 000 сотрудников [6, с.198...199].

Однако развитие текстильного кластера в этот период было простым расширением производства некачественной продукции. Местным малым и средним предприятиям не хватало технических возможностей для

инноваций, большинство рабочих были из других провинций и имели низкую квалификацию, многие станки устарели [12]. Это привело к выпуску некачественной продукции и низкой эффективности, стало серьезной проблемой для репутации кластера и заставило обратить внимание на маркетинговую составляющую деятельности. Исследования рынка подтвердили, во-первых, что запуск большого количества текстильных проектов по всей стране привел к быстрому увеличению мощностей по производству текстиля и вызвал острую конкуренцию на внутреннем рынке. Во-вторых, по мере роста доходов внутренний потребительский спрос начал смещаться в сторону нового сырья и модных дизайнов, что привело к избытку низкосортных текстильных изделий.

С 1995 г. городское правительство реализовало три основных меры в рамках стратегии "оживления текстильной промышленности с помощью науки и технологий": построение репутации "текстильного города", создание компании по производству образцов тканей и укрепление крупных предприятий при ослаблении контроля над мелкими. Ввиду отсутствия у местных предприятий инновационной динамики правительство решило помочь им через организацию технологического обслуживания – государственные услуги, направленные на инновации и модернизацию текстильной промышленности, включая тестирование продукции, сертификацию, защиту прав интеллектуальной собственности и поддержку профессионального обучения.

Поскольку текстильный кластер Сицяо столкнулся не только с внутренней конкуренцией, но и с международной конкуренцией со стороны Индии, Пакистана и других стран, потребовалась политика модернизации и реструктуризации. В 2004 г. Ассоциация текстильной промышленности Китая (Textile Industry Association of China – TИАС) выбрала Сицяо в качестве первого национального пилотного проекта модернизации текстильной промышленности. Был построен центр технологических инноваций, а также предложена политика "пяти целей", на которых сосредоточились все

стейкхолдеры кластера при поддержке городской администрации.

- *Одна система.* Построить текстильную промышленную систему путем внедрения предприятий текстильного машиностроения и швейных предприятий вниз по течению, чтобы построить полную цепочку текстильной промышленности.

- *Одна платформа.* Для усиления функций и эффективности центра технологических инноваций создать инновационную платформу, с помощью которой предлагать лучшие услуги и распространять лучшие практики.

- *Одна база.* Поддерживать совместные усилия по дальнейшему улучшению инфраструктурной составляющей производственной базы местной текстильной отрасли.

- *Один рынок.* Завершить создание "текстильного города" Сицяо, обеспечив коммуникационный мост и интерактивную связь между текстильными предприятиями и торговлей.

- *Один бренд.* Создать единый региональный бренд Xiqiao Fabrics под руководством правительства района Наньхай.

Местные власти также неоднократно устраивали ярмарки и общественные мероприятия, чтобы продвигать репутацию тканей Сицяо, и создали институт тестирования, чтобы гарантировать качество тканей.

В результате, позиционируясь как исторический город текстиля и пионер модернизации текстильной промышленности, Сицяо стал одним из основных производств и признанной базой продаж текстильной продукции в Китае. Для обеспечения международной конкурентоспособности текстильных предприятий особое значение имеет наличие единой экосистемы бизнеса, в рамках которой достигается баланс интересов и комбинирование ресурсов и компетенций стейкхолдеров текстильного кластера.

## В Ы В О Д Ы

1. Принимая во внимание современные подходы маркетинга взаимоотношений, можно говорить о решающей роли маркетинговых аспектов в достижении междуна-

родной конкурентоспособности текстильных предприятий Китая. Освоение внешних рынков для большинства предприятий текстильной отрасли, являющихся в силу ее особенностей малыми и средними, требует преодоления ограниченности их ресурсов за счет сетевого взаимодействия.

2. Успех китайских текстильных предприятий опирается на формирование устойчивых и полноценных цепочек создания ценности в рамках кластеров, что позволяет добиваться эффективного комбинирования ресурсов и компетенций участников, а также экономить ресурсы, необходимые для реализации маркетинговых мероприятий, за счет планирования и реализации единых маркетинговых программ.

3. Наличие благоприятной институциональной среды является решающим для успешного функционирования экосистем бизнеса, к которым относятся текстильные кластеры. В связи с этим принципиально важна адекватная поддержка со стороны государства, как на страновом, так и на региональном и муниципальном уровнях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Yuan Z., Nikitina L.N., Shikov P.A., Shikov Y.A. The Concept of China's Light Industry Development by Means of Industry Clusters Creation and Digital Technologies // III International Scientific and Practical Conference "Digital Economy and Finances" (ISPC-DEF 2020). – Atlantis Press, 2020. P. 79...87.
2. Sarker M.M. A Literature Review in the Textile and Fashion Marketing Research // American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS). – 2019. Vol. 53. № 1. P. 105...111.
3. Payne A., Ballantyne D., Christopher M. A stakeholder approach to relationship marketing strategy // European Journal of Marketing. – 2005. Vol. 39. № 7/8. P.855...871.
4. Christopher M., Payne A., Ballantyne D. Relationship marketing: bringing quality customer service and marketing together. – Butterworth-Heinemann, Oxford, 1991.
5. Шерешева М. Ю., Савельев И. И., Башарина С. М. Кластерное развитие текстильного производства как основа эффективности экономики территорий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 4. С. 62...67.
6. Wang J., Yue F. Cluster development and the role of government: the case of Xiqiao textile cluster in Guangdong // Building engines for growth and competitiveness in China. Experience with Special Economic Zones and Industrial Clusters. Ed.by Douglas Zhuhua

Zeng. – Washington D.C., The World Bank, 2010. P.181...222.

7. Баджо Р., Шерешева М. Ю. Сетевой подход в экономике и управлении: междисциплинарный характер // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2014, № 2. С. 3...21.

8. Zhang X., Ma X., Wang Y., Li X., Huo D. What drives the internationalization of Chinese SMEs? The joint effects of international entrepreneurship characteristics, network ties, and firm ownership //International Business Review. – Vol. 25, № 2, 2016. P. 522...534.

9. Tang Y.K. The Influence of networking on the internationalization of SMEs: Evidence from internationalized Chinese firms //International Small Business Journal. – Vol. 29. № 4, 2011. P. 374...398.

10. Zhuo J., Park Y.H. Antidumping case in the China's textile industry: A model building approach // Asia Pacific Journal of Business Review. – Vol. 3. № 2, 2019. P. 67...87.

11. Zong Cheng-feng. The metrical method and empirical studies of industry agglomeration level - A case from Chinese textile clusters [J] // Soft Science. – № 3, 2008. P. 013.

12. Wang J., Yue F. Technology service organization and the formation of innovation capabilities of clustering enterprises – A case study of Xiqiao Textile Cluster //China Institutional Change Case Study,Guangdong volume. Ed. Shugang Zhang et al. - Beijing: China Finance and Economy Press, 2008.

#### REFERENCES

1. Yuan Z., Nikitina L.N., Shikov P.A., Shikov Y.A. The Concept of China's Light Industry Development by Means of Industry Clusters Creation and Digital Technologies // III International Scientific and Practical Conference "Digital Economy and Finances" (ISPC-DEF 2020). – Atlantis Press, 2020. P. 79...87.
2. Sarker M.M. A Literature Review in the Textile and Fashion Marketing Research // American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS). – 2019. Vol. 53. № 1. P. 105...111.
3. Payne A., Ballantyne D., Christopher M. A stakeholder approach to relationship marketing strategy // European Journal of Marketing. – 2005. Vol. 39. № 7/8. P.855...871.
4. Christopher M., Payne A., Ballantyne D. Relationship marketing: bringing quality customer service and marketing together. – Butterworth-Heinemann, Oxford, 1991.
5. Sheresheva M. Yu., Savel'ev I. I., Basharina S. M. Klasternoe razvitie tekstil'nogo proizvodstva kak osnova effektivnosti ekonomiki territoriy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 4. S. 62...67.
6. Wang J., Yue F. Cluster development and the role of government: the case of Xiqiao textile cluster in Guangdong // Building engines for growth and competitiveness in China. Experience with Special Economic Zones and Industrial Clusters. Ed.by Douglas Zhuhua Zeng. – Washington D.C., The World Bank, 2010. P.181...222.

7. Badzho R., Sheresheva M. Yu. Setevoy podkhod v ekonomike i upravlenii: mezhdistsiplinarnyy kharakter // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika. – 2014, № 2. S. 3...21.

8. Zhang X., Ma X., Wang Y., Li X., Huo D. What drives the internationalization of Chinese SMEs? The joint effects of internationalization entrepreneurship characteristics, network ties, and firm ownership //International Business Review. – Vol. 25, № 2, 2016. P. 522...534.

9. Tang Y.K. The Influence of networking on the internationalization of SMEs: Evidence from internationalized Chinese firms //International Small Business Journal. – Vol. 29, № 4, 2011. P. 374...398.

10. Zhuo J., Park Y.H. Antidumping case in the China's textile industry: A model building approach // Asia Pacific Journal of Business Review. – Vol. 3, № 2, 2019. P. 67...87.

11. Zong Chengfeng. The metrical method and empirical studies of industry agglomeration level - A case from Chinese textile clusters [J] // Soft Science. – № 3, 2008. P. 013.

12. Wang J., Yue F. Technology service organization and the formation of innovation capabilities of clustering enterprises – A case study of Xiqiao Textile Cluster //China Institutional Change Case Study,Guangdong volume. Ed. Shugang Zhang et al. - Beijing: China Finance and Economy Press, 2008.

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВлГУ имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 27.07.21.

УДК 339.1

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_26

## ОПТИМИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ\*

### OPTIMIZATION OF THE INVESTMENT PROCESS BY PERFORMANCE INDICATORS IN THE TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

*И.В. РЫЖОВ, А.П. СОКОЛОВ, И.И. САВЕЛЬЕВ*

*I.V. RYZHOV, A.P. SOKOLOV, I.I. SAVELEV*

(Военный университет Министерства обороны Российской Федерации,  
Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)

(The Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation,  
Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs)

E-mail: sii-33@mail.ru, srrpj@mail.ru

***В статье рассматриваются наиболее актуальные аспекты оптимизации инвестиционного процесса по показателям эффективности на предприятиях текстильной промышленности за счет заемных и собственных средств. В результате проведенного анализа делается вывод, что при оптимизации портфелей инвестиционных проектов, реализуемых за счет заемных средств, рекомендуется использовать симплексный метод, применение которого позволяет решить задачу линейного программирования.***

\* Исследование проведено при финансовой поддержке экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (исследовательский проект «Применение методов сетевого анализа институциональных факторов становления и развития производственных кластеров»).

\* This research was conducted with the financial support of the Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University (research project «Application of network analysis methods of institutional factors of formation and development of industrial clusters»).

*The article deals with the most relevant aspects of the optimization of the investment process in terms of efficiency at the enterprises of the textile industry at the expense of borrowed and own funds. As a result of the analysis, it is concluded that while optimizing investment project portfolios implemented at the expense of borrowed funds, it is recommended to use the simplex method and its usage allows to solve the problem of linear programming.*

**Ключевые слова:** оптимизация инвестиционного процесса, эффективность инвестиций, инвестиционный портфель, инвестиционный проект, собственные средства, заемные средства, линейное программирование, симплексный метод.

**Keywords:** investment process optimization, investment efficiency, investment portfolio, investment project, own funds, borrowed funds, linear programming, simplex method.

Оптимизация инвестиционных вложений как на текстильных, так и на любых других промышленных предприятиях не имеет принципиальных отличий от оптимизационного процесса применительно к портфелям ценных бумаг, оперируемых в рамках фондового рынка [4...8], [10], [11]. Экономико-математический инструментарий, характеризующий ключевые свойства инвестиционных портфелей и проектов, принципиально одинаков. Тем не менее, разница заключается в объектах приложения инвестиционных ресурсов, которые как с экономической, так и финансовой точек зрения имеют определенные отличия от дериватов фондового рынка. В качестве оптимального принимается такой портфель инвестпроектов или ценных бумаг, который способен максимизировать определенный уровень доходности для заданного уровня риска или, напротив, предполагает минимизацию риска при определенном уровне прибыльности вложений [6...8], [10], [11].

В процессе управления инвестиционным портфелем, как правило, предполагается ряд допущений. Так, первое из них связано с тем обстоятельством, что инвестор реализует решение по вложению инвестиционных ресурсов, которое предполагает обязательный характер анализа текущего состояния его инвестиционных активов до следующего периода [2], [6], [7]. В связи с этим следует констатировать, что теоретические подходы к управлению портфелем

проектов могут применяться только к таким решениям, которые функционируют в рамках соответствующего периода. Кроме того, как правило, считается, что владелец инвестиционных ресурсов принимает решения по реализации определенных проектов при отсутствии платежей по налогам, а также операционных, текущих затрат. Если обозначить через  $r_i$  величину (норму) доходности (прибыльности), через  $R_i$  – прогнозные показатели будущего NPV (чистого дисконтированного потока), а через  $IC_i$  – параметры первоначальных вложений, то норма прибыльности  $i$ -го инвестпроекта выражается формулой:

$$r_i = \frac{R_i - IC_i}{IC_i}. \quad (1)$$

Второе допущение предполагает, что для всех обладателей инвестиционных ресурсов доступна объективная информация экзогенного и эндогенного характера, обеспечивающая возможность определения ожидаемого уровня доходности применительно к каждому из потенциальных инвестиционных проектов, реализуемых в рамках предприятий текстильной отрасли [2], [8].

Третье ограничение состоит в том, что разница между доходами ценных бумаг, так же как и прибыльности определенных инвестиционных проектов в текстильной отрасли, выступает той мерой риска для обладателя инвестиционных ресурсов, которая

связана с каждым проектом (ценной бумагой) [1]. Данное допущение может быть измерено либо посредством дисперсии, либо на основе среднеквадратичного отклонения. Использование данного инструментария для оценки уровня риска следует признать очевидным при наличии нормального распределения вероятностей применительно к потенциальным доходам. Такое развитие ситуации обуславливает возможность проявления любой вероятности отклонения от потенциальной прибыли, ожидаемой инвестором. Проявление вероятностного характера получения конкретного дохода при осуществлении инвестпроекта обуславливает субъективные оценки вероятности наступления тех или иных сценариев. Тогда потенциальный (ожидаемый) доход от реализации любого проекта, связанного с инвестиционными вложениями, нельзя рассматривать в качестве наиболее вероятного результата применительно к целому ряду периодов. В рамках управления инвестиционными ресурсами инвестор практически постоянно связан с проблемой выбора нового инструментария для анализа возможности получения максимальной доходности от реализации инвестиционных проектов в рамках предприятий текстильной промышленности.

*Определение (оценка) оптимального портфеля инвестпроектов применительно к текстильным предприятиям.* Для определения оптимального портфеля инвестпроектов, связанных с развитием предприятий текстильной промышленности, необходимо принять во внимание, прежде всего, предпочтения самих инвесторов [1], [2], [8]. В связи с этим определение оптимальных портфелей проектов инвестиционных вложений предполагает учет ряда ограничений между потенциальным риском и предполагаемой доходностью:

- во-первых, каждый инвестор, при прочих равных условиях, направлен на получение именно максимального дохода, а не оптимального;

- во-вторых, невысокий уровень риска всегда предпочтителен по сравнению с большим, то есть налицо стремление к минимизации риска.

Совокупность данных допущений обуславливает возможность формулирования двух ключевых правил поведения инвесторов при реализации проектов [3], [4].

1. Из двух инвестпроектов с ожидаемым равным доходом, которые предполагают осуществлять текстильное предприятие, следует выбрать тот, для которого характерно наименьшее среднеквадратичное отклонение.

2. Если же риск по двум инвестпроектам, предполагаемым к реализации предприятием текстильной промышленности, одинаков, то нужно выбирать тот из них, который обладает максимальной нормой прибыльности.

Как известно, инвестпроекты могут осуществляться текстильными предприятиями посредством заемных или собственных средств. Если ключевой целью при выборе проекта выступает максимальная прибыль (доход), то выбор падает на инвестпроекты, обладающие максимумом NPV и ROI (рентабельности инвестиций). Тем не менее, при возрастании NPV возрастает и соответствующий риск, на который влияют экзогенные и эндогенные факторы макро- и микросреды текстильных предприятий. К макрокомпоненте в условиях рынка относятся, например, инфляцию или смену экономической политики правительства в отношении определенных отраслей национального хозяйства, к микроэкономическим, в частности, применительно к текстильной отрасли – стоимость сырья и материалов, рабочей силы, использование определенной технологии производства.

Как сами текстильные предприятия, так и обладатели инвестиционных ресурсов нацелены на осуществление наиболее эффективных проектов, что предполагает формулирование двух взаимосвязанных задач: 1) максимизация ожидаемой прибыли для определенного уровня риска; 2) минимальный уровень риска при получении ожидаемой прибыли.

В связи с этим представляется целесообразным проанализировать два типа реализации инвестпроектов текстильными предприятиями: на основе заемных средств, предоставляемых кредитно-финансовыми



учреждениями, и на основе собственных ресурсов. Ключевыми показателями для оценки эффективности при осуществлении таких проектов будут выступать норма (ставка) дисконта ( $i$ ), NPV, риск неполучения прибыли от вложений. Ставка дисконта напрямую связана с уровнем инфляции. Оптимизация, в данном случае, будет предполагать два способа: фиксирование риска инвестиций, нормы дисконта или ограничение прибыльности (доходности). В процессе осуществления такой оптимизации используют, как правило, одномерные симплексные модели, включающие градиентный и производный способы.

*Определение оптимального портфеля инвестиционных проектов предприятий текстильной промышленности.* Определим оптимальную совокупность инвестпроектов на основе заемных ресурсов посредством инструментария линейного программирования, что предполагает характеристику ожидаемой прибыли по определенному активу в виде линейной функции от ставки дохода, не обремененной каким-либо риском, ожидаемой прибыли по портфелю проектов инвестирования и, непосредственно, уровень риска, обусловленного реализацией конкретного проекта. В этом случае ожидаемую прибыль по проекту  $j$  можно записать формулой [6]:

$$E(r_j) - r_s = \beta_j (E(r_n) - r_s). \quad (2)$$

Когда проекты инвестиционных вложений, осуществляемых в рамках текстильных предприятий, суммируются в конкретный портфель, прибыль от каждого из активов формируется в линейной форме, и риск определенного портфеля, представляемого в виде  $\beta$  портфеля, также выступает в качестве линейных параметров. В данном случае это будет средняя взвешенная из  $\beta_j$  отдельных активов.

В последующем нужно проанализировать вопрос формирования конкретных проектов с учетом целевой функции, которая предполагает получение текстильным предприятием максимума ожидаемой прибыли при ограничении, связанном с тем, что критерии доходности  $\beta$  портфеля не

могут превышать 1,3. При этом во внимание принимаются три проекта капиталовложений – А, В и С, рассматриваемых в качестве потенциального выбора. Их ожидаемый доход 0,14, 0,16 и 0,10. Проекты  $\beta$  портфеля будут равны 1,2, 1,4 и 1,0. Долю каждого из трех инвестпроектов обозначим как  $V_A = V_1$ ,  $V_B = V_2$  и  $V_C = V_3$ . Необходимо принять во внимание, что данные веса имеют переменный характер, что обуславливает достижение конкретной цели посредством их корректировки. Ожидаемая прибыль и показатели  $\beta$  каждого из проектов, как правило, фиксируются с учетом конкретной рыночной ситуации, но показатели дохода и величина  $\beta$  портфеля проектов формируются для каждого из проектов инвестиционных вложений текстильного предприятия в рамках данного портфеля. При таком подходе цель характеризуется потребностью в формировании определенных комбинаций весов, направленных на максимизацию целевой функции с учетом указанных ограничений [6].

Следовательно, решение данного вопроса должно быть направлено на достижение оптимальных пропорций применительно к каждому из трех инвестпроектов, что предполагает получение максимальной ожидаемой прибыли на максимуме уровня  $\beta$ . Данное решение может быть сформулировано следующим образом: максимизировать функцию прибыли

$$Z = 0,14V_1 + 0,16V_2 + 0,10V_3 \quad (3)$$

при ограничениях

$$\begin{cases} 1,2V_1 + 1,4V_2 + V_3 \leq 1,3, \\ 0 \leq V_1 \leq 1, \\ 0 \leq V_2 \leq 1, \\ 0 \leq V_3 \leq 1, \\ V_1 + V_2 + V_3 = 1. \end{cases} \quad (4)$$

Условия (3) и (4) предполагают реализацию данного решения посредством симплексного метода. Левая часть неравенств рассматриваемой системы (4) суммируется с базовыми переменными  $Y_i \geq 0 (i = 1,2,3,4)$ , формируя систему уравнений:

$$\begin{cases} 1,2V_1 + 1,4V_2 + V_3 + Y_1 = 1,3, \\ V_1 + Y_2 = 1, \\ V_2 + Y_3 = 1, \\ V_3 + Y_4 = 1, \\ V_1 + V_2 + V_3 + 0 = 1 \\ -0,14V_1 - 0,16V_2 - 0,1V_3 + Z = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Данная система уравнений решается за счет использования сокращенных (укороченных) симплексных таблиц. Тогда такую систему (5) следует отразить в табл. 1 (сокращенная симплексная таблица) [6].

Таблица 1

СП БП	$V_1$	$V_2$	$V_3$	1
$Y_1$	1,2	1,4	1	=1,3
$Y_2$	1	0	0	=1
$Y_3$	0	1	0	=1
$Y_4$	0	0	1	=1
0	1	1	1	=1
z	-0,14	-0,16	-0,1	=0

В столбце СП БП показаны переменные, имеющие базисный характер, в 1-й строке – свободные переменные. Столбец под номером 1 (последний) демонстрирует совокупность свободных коэффициентов (5). Под столбцами параметров  $V_1, V_2, V_3$ , имеющих переменный характер, показаны коэффици-

енты при этих неизвестных. Тогда по строкам табл. 1 расположены уравнения системы (5).

Принимая во внимание, что переменные, имеющие свободный характер, равны 0, из табл. 1 формулируем первое допустимое решение системы (5):

$$V_1 = 0, V_2 = 0, V_3 = 0, Y_1 = 1,3, Y_2 = 1, Y_3 = 1, Y_4 = 0, Z = 0.$$

В последующем мы можем сформировать определенное улучшение, принимая во внимание следующее правило. В строке Z оцениваем минимальное отрицательное значение – 0,16 с соответствующим ему столбцом  $V_2$ . Содержимое 1-го столбца разделим на элементы  $V_2$ -столбца. В дан-

ном случае минимальное положительное отношение обуславливает содержание разрешающей  $Y_1$ - строки. Пересечение разрешающих столбца и строки определяет разрешающий элемент 1,4.

Таблица 2

СП БП	$V_1$	$Y_1$	$V_3$	1
$V_2$	$6/7$	$5/7$	$5/7$	=13/14
$Y_2$	1	0	0	=1
$Y_3$	$-6/7$	$-5/7$	$-5/7$	=13/14
$Y_4$	0	0	1	=1
0	$1/7$	$-5/7$	$2/7$	=13/14
Z	-1/350	8/70	1/70	=26/175

Далее реализуется шаг с разрешающим элементом 1,4 посредством обыкновенного жорданова исключения и осуществляется переход к табл. 2 (симплексная таблица) в соответствии со следующим принципом: происходит смена мест  $Y_1$  и  $V_2$ . В итоге на месте разрешающего элемента получаем обратную величину. Содержимое разреша-

ющей строки делят на разрешающее число. Содержимое разрешающего столбца делят на разрешающее число со сменой знака на противоположный. Остальные показатели находят на основе правила прямоугольника – старый элемент минус дробь, при этом в числителе записывается произведение конкретного элемента в разрешающем столбце

на соответствующий ему элемент в разрешающей строке, а в знаменателе находится разрешающий элемент [6].

$$V_1 = 0, V_2 = \frac{13}{14}, V_3 = 0, Y_1 = 0, Y_2 = 1, Y_3 = \frac{1}{14}, Y_4 = 1, Z = \frac{26}{175}.$$

Поскольку в Z-строке находится элемент со знаком "-", то согласно указанному правилу получаем разрешающий элемент 1/7 и используем шаг обыкновенного жорданова исключения с разрешающим эле-

Из табл. 2 получаем в большей степени улучшенное допустимое решение:

ментом 1/7. При перемене  $V_1$  и 0, 0-столбец не записывается, так как коэффициенты, которые ему соответствуют, равны нулю. На данной основе строим табл. 3 (симплексная таблица).

Таблица 3

СП БП	$Y_1$	$V_3$	1
$V_2$	5	-1	= 1/2
$Y_2$	5	-2	=1/2
$Y_3$	-5	1	=1/2
$Y_4$	0	0	=1
$V_1$	-5	2	=1/2
z	1/10	1/50	=3/20

Поскольку в Z-строке и 1-столбце нет элементов со знаком "-", получаем оптимальный план, который содержит активы лишь А и В. При этом  $V_1 = V_2 = 0,5$ , а  $Z_{\max} = 0,15$  или 15%.

После этого решается задача построения портфеля проектов капиталовложений с целевой функцией минимального риска инвестиций при ограничении потенциального дохода до 15%. Решение, в данном случае, предполагает нахождение оптимальных показателей применительно к каждому проекту, которые способны обеспечить минимальный потенциальный риск при одновременном максимуме ожидаемой доходности. Эта задача может быть представлена следующим образом [6]:

Минимизация функции  $\beta$

$$Z = 1,2V_1 + 1,4V_2 + 1V_3 \quad (6)$$

при ограничениях

$$\begin{cases} 0,14V_1 + 0,16V_2 + 0,1V_3 \leq 0,15, \\ 0 \leq V_1 \leq 1, \\ 0 \leq V_2 \leq 1, \\ 0 \leq V_3 \leq 1, \\ V_1 + V_2 + V_3 = 1. \end{cases} \quad (7)$$

При определении минимального показателя линейной функции Z на каждом шаге решения задачи посредством симплексного метода в базовые переводятся переменные, входящие в выражение линейной функции с коэффициентом со знаком "-". Тогда показатель оптимума для решения задачи на определение минимального значения линейной функции – отсутствие в ней отрицательных коэффициентов при переменных, которые не являются основными [6].

К левой части первых четырех неравенств системы (7) суммируются базисные переменные  $Y_i \geq 0 (i = 1, 2, 3, 4)$  и системы (6) и (7) представляются в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} 0,14V_1 + 0,16V_2 + 0,1V_3 + Y_1 = 0,15, \\ V_1 + Y_2 = 1, \\ V_2 + Y_3 = 1, \\ V_3 + Y_4 = 1. \end{cases} \quad (8)$$

Каждое решение системы (8) будет включать 4 основные и 3 второстепенные переменные. В качестве основных на первом шаге выступают дополнительные переменные  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$ , которые формируют единичную матрицу. Это, в свою очередь, не дает гарантии того, что коэффициенты при них будут отличны от 0. Не основными (второстепенными) переменными будут  $V_1, V_2, V_3$ . При этом основные переменные выражаются через второстепенные переменные:

$$\begin{cases} Y_1 = 0,15 - 0,14V_1 - 0,16V_2 - 0,1V_3, \\ Y_2 = 1 - V_1, \\ Y_3 = 1 - V_2, \\ Y_4 = 1 - V_3. \end{cases} \quad (9)$$

Полагается, что второстепенные переменные равны 0, то есть  $V_1 = 0, V_2 = 0, V_3 = 0, Y_1 = 0,15, Y_2 = 1, Y_3 = 1, Y_4 = 0, Z = 0$ .

Затем от начального решения переходят к последующему, в соответствии с которым показатель линейной функции  $Z$  возрастает. Это достигается за счет изменения базисного решения – посредством перевода в основные одной из второстепенных переменных.

Рост показателя линейной функции  $Z$  может быть осуществлен посредством перевода в основные той переменной, которая содержится в выражении линейной функции с отрицательным коэффициентом [6].

На втором шаге основными переменными являются  $V_1, Y_1, Y_3, Y_4$ , второстепенными  $V_2, V_3, Y_2$ . Затем новые основные переменные выражаются через новые второстепенные переменные:

$$\begin{cases} V_1 = 1 - Y_2, \\ Y_1 = 0,01 - 0,14Y_2 - 0,16V_2 - 0,1V_3, \\ Y_3 = 1 - V_2, \\ Y_4 = 1 - V_3. \end{cases} \quad (10)$$

Полагается, что второстепенные переменные равны 0, то есть  $V_1 = 1, V_2 = 0, V_3 = 0, Y_1 = 0,01, Y_2 = 0, Y_3 = 1, Y_4 = 1, Z = 1,2$ .

На третьем шаге основными переменными выступают  $V_1, V_2, Y_1, Y_4$ , второстепенными  $V_3, Y_2, Y_3$ . Новые основные переменные и линейная функция выражаются через новые второстепенные переменные, начиная с разрешающего уравнения. В результате соответствующих преобразований имеем:

$$\begin{cases} V_2 = 1 - Y_3, \\ Y_1 = -0,15 - 0,14Y_2 - 0,16Y_3 - 0,1V_3, \\ V_1 = 1 - Y_2, \\ Y_4 = 1 - V_3. \end{cases} \quad (11)$$

Считается, что второстепенные переменные равны нулю, то есть  $V_1 = 1, V_2 = 1, V_3 = 0, Y_1 = -0,15, Y_2 = 0, Y_3 = 0, Y_4 = 1, Z = 2,6$ .

В рамках четвертого шага основными переменными выступают  $V_1, V_2, V_3, Y_1$ , второстепенными  $Y_2, Y_3, Y_4$ . После преобразования получаем

$$\begin{cases} V_3 = 1 - Y_4, \\ Y_1 = -0,25 - 0,14Y_2 - 0,16Y_3 - 0,1Y_4, \\ V_1 = 1 - Y_2, \\ V_2 = 1 - Y_3. \end{cases} \quad (12)$$

Таким образом, оптимальный план проекта включает активы А, В, С и при этом  $V_1 = V_2 = V_3 = 1$ , а  $Z_{\min} = 3,6$  [6].

При анализе проектов инвестиционных вложений в текстильные предприятия, осуществляемые на основе собственных ресурсов, оптимизация осуществляется на основе методов динамического программирования.

Если допустить, что имеется какое-то количество собственных средств, которые необходимо распределить между  $n$ -м числом инвестпроектов текстильного предприятия, то это должно быть сделано таким образом, чтобы суммарно была достигнута максимальная эффективность в соответствии с выбранным способом распределения. В связи с этим вводятся обозначения:

$x_i, i = \bar{1}, \bar{n}$  – количество рисков по каждому инвестпроекту текстильного предприятия;

$g_i(x_i)$  – функция полезности: величина дохода от осуществления  $i$ -го инвестпроекта текстильного предприятия с определенным уровнем риска  $x_i$ ;

$f_k(x)$  – максимальная прибыль, которую можно получить от первых  $k$  инвестпроектов при ожидаемом уровне риска  $x$ .

Данная задача может быть записана следующим образом:

$$f_n = \sum_{i=1}^n g_i(x_i) \rightarrow \max; \quad (13)$$

$$\sum_{x=1}^n x_i = x; \quad x_i \geq 0, \quad i = \bar{1}, \bar{n}.$$

Для ее решения записывают рекуррентное соотношение, связывающее  $f_k(x)$  и  $f_{k-1}(x)$ . Если обозначить через  $x_k$  величину риска при  $k$  инвестпроектах ( $0 \leq x_k \leq x$ ). Тогда для  $k-1$  проектов инвестирования предприятия текстильной промышленности характерен риск, который равен  $x - x_k$ . Максимум дохода, получаемого при использовании ресурсов  $x - x_k$  от первых  $k-1$  проектов текстильного предприятия составит  $f_{k-1}(x - x_k)$ . Для получения максимальной прибыли от  $k$ -го и первых  $k$  инвестпроектов важно так выбрать  $x_k$ , чтобы соблюдались соотношения:

$$f_1(x) = g_1(x); \quad (14)$$

$$f_k(x) = \max \{g_k(x_k) + f_{k-1}(x - x_k)\},$$

$$k = \bar{2}, \bar{n}.$$

В последующем важно решить конкретную задачу по инвестированию ресурсов в проекты трех текстильных предприятий: 1, 2, 3. Задача состоит в нахождении таких проектов, которые обеспечивают максимум доходности при заданном риске. В табл. 4 представлены исходные данные.

Т а б л и ц а 4

Риск, млн.руб.	Доходность, млн.руб.		
	1	2	3
5	8	10	12
10	16	20	21
12	25	28	27
14	36	40	38

Реализация данной задачи делится на 3 этапа, по числу текстильных предприятий, осуществляющих инвестпроекты.

Рекуррентные соотношения для каждого предприятия имеют следующий вид: для текстильного предприятия 1

$$f_1(x) = g_1(x); \quad (15)$$

для всех остальных текстильных предприятий

$$f_k(x) = \max \{g_k(x_k) + f_{k-1}(x - x_k)\}, \quad k = \bar{2}, \bar{n}.$$

Задача решается согласно рекуррентным соотношениям:

1-й этап. Вложения осуществляются лишь в 1-е текстильное предприятие:

$$f_1(5) = 8,$$

$$f_1(10) = 16,$$

$$f_1(12) = 25,$$

$$f_1(14) = 36.$$

2-й этап. Инвестиционные ресурсы вкладываются в 1-е и 2-е текстильные предприятия. Рекуррентное соотношение для данного этапа имеет следующий вид:

$$f_2(x) = \max \{g_2(x_2) + f_1(x - x_2)\}. \quad (16)$$

На основе данного соотношения находят:

$$\begin{aligned} \text{при } x = 5 \quad f_2(5) &= \max \{8 + 0, 0 + 10\} = \max \{8; 10\} = 10; \\ \text{при } x = 10 \quad f_2(10) &= \max \{16, 8 + 10, 20\} = \max \{16, 18, 20\} = 20; \\ \text{при } x = 12 \quad f_2(12) &= \max \{25, 16 + 10, 8 + 20, 28\} = \max \{25, 26, 28, 28\} = 28; \\ \text{при } x = 14 \quad f_2(14) &= \max \{36, 25 + 10, 16 + 20, 8 + 28, 40\} = \max \{36, 35, 36, 36, 40\} = 40. \end{aligned}$$

3-й этап.

В третье предприятие вложения осуществляются по формуле

$$\begin{aligned} f_3(x) &= \max \{g_3(x_3) + f_2(x - x_3)\}. \quad (17) \\ \text{при } x = 5 \quad f_3(5) &= \max \{10, 12\} = 12; \\ \text{при } x = 10 \quad f_3(10) &= \max \{20, 10 + 12, 21\} = \max \{20, 22, 21\} = 22; \\ \text{при } x = 12 \quad f_3(12) &= \max \{28, 20 + 12, 10 + 21, 27\} = \max \{28, 32, 31, 27\} = 32; \\ \text{при } x = 14 \quad f_3(14) &= \max \{40, 28 + 12, 20 + 21, 10 + 27, 38\} = \max \{40, 40, 41, 37, 38\} = 41. \end{aligned}$$

Итак, мы получаем уравнения от 1-го до 3-го этапа. После этого мы возвращаемся от 3-го этапа к 1-му, анализируя полученные варианты роста. Максимум дохода в размере 41 млн.руб. мы можем получить на 3-м этапе (20 + 21), то есть 21 млн.руб. соответствует проекту капиталовложений предприятия текстильной промышленности номер 3 с риском в 10 млн.руб. Согласно результатам второго этапа 20 млн.руб. получено при осуществлении проекта инвестиционных вложений текстильного предприятия номер 2 с учетом риска в 10 млн.руб. Таким образом, инвестиции с максимумом прибыли в 41 млн.руб. и потенциальным риском в 10 млн.руб. мы получим при осуществлении проектов 2-м и 3-м текстильными предприятиями.

Задача оптимизации проектов инвестиционных вложений при запланированной доходности и минимальном уровне риска может быть сведена к решению задачи по критерию минимизации с учетом целой численности, накладываемой на переменные.

Допустим изначальную заданность доходности проектов капиталовложений в

текстильные предприятия. Нам необходимо выбрать реализуемые хозяйствующими субъектами проекты инвестиций таким образом, чтобы обеспечивать при их осуществлении минимальные риски.

Для этого вводим следующие обозначения:  $x$  – количество подлежащих реализации проектов;  $x_i, i = \bar{1}, \bar{n}$  – количество реально осуществляемых проектов;  $g_i(x_i)$  – функция, равная уровню риска при реализации  $i$ -го инвестпроекта  $x_i$ ;  $\varphi_k(x)$  – минимально ожидаемый риск, получаемый при осуществлении  $x$  проектов первыми  $k$  способами.

Решение задачи обеспечения минимально допустимого риска при осуществлении проектов капиталовложений в предприятия текстильной промышленности с фиксированной прибылью можно сформулировать следующим образом:

$$\varphi_n = \min \sum_{i=1}^n g_i(x_i); \quad (18)$$

$$\sum_{x=1}^n x_i = x; \quad x_i \geq 0, \quad i = \bar{1}, \bar{n}.$$

Экономический смысл переменных  $x_i$  обусловлен необходимостью нахождения проектов с минимумом риска и фиксированной доходностью.

*Определение минимальных рисков при осуществлении предприятиями текстильной отрасли инвестиционных проектов.*

Рассмотрим проекты инвестиционных вложений одинаковой доходности, предполагающие получение минимума рисков, для трех текстильных предприятий. Значения функции  $g_i(x_i)$  показаны в табл. 5 (исходные данные).

Т а б л и ц а 5

Предприятия	Риск инвестиционных проектов, млн.руб.			
	1	2	3	4
$g_1(x)$	11	18	35	37
$g_2(x)$	10	19	34	39
$g_3(x)$	9	20	36	40

Решение задачи проводят с использованием рекуррентных соотношений в три этапа.

Для первого текстильного предприятия

$$\varphi_1(x) = \min g_i(x_i) = g_1(x). \quad (19)$$

Для других текстильных предприятий

$$\varphi_k(x) = \min \{g_k(x_k) + \varphi_{k-1}(x - x_k)\},$$

$$k = \bar{2}, \bar{n}.$$

Этап 1. Если осуществлять вложения в проекты 1-го предприятия текстильной промышленности, то

$$\begin{aligned} \varphi_1(1) &= g_1(1) = 11, \\ \varphi_1(2) &= g_1(2) = 18, \\ \varphi_1(3) &= g_1(3) = 35, \\ \varphi_1(4) &= g_1(4) = 37. \end{aligned}$$

Минимальные риски при  $x = 4$  составят 37 млн.руб.

Этап 2. В его рамках определяется оптимальная стратегия при вложении инвестиций в четыре проекта первых двух предприятий текстильной отрасли.

Находят  $\varphi_2(1)$ :

$$\begin{aligned} g_2(1) + \varphi_1(0) &= 10 + 0 = 10, \\ g_2(0) + \varphi_1(1) &= 0 + 11 = 11, \\ \varphi_2(1) &= \min \{10, 11\} = 10. \end{aligned}$$

Вычисляют  $\varphi_2(2)$ :

$$\begin{aligned} g_2(2) + \varphi_1(0) &= 19 + 0 = 19, \\ g_2(1) + \varphi_1(1) &= 10 + 11 = 21, \\ g_2(0) + \varphi_1(2) &= 0 + 18 = 18, \\ \varphi_2(2) &= \min \{19, 21, 18\} = 18. \end{aligned}$$

Находят  $\varphi_2(3)$ :

$$\begin{aligned} g_2(3) + \varphi_1(0) &= 34 + 0 = 34, \\ g_2(2) + \varphi_1(1) &= 19 + 11 = 30, \\ g_2(1) + \varphi_1(2) &= 10 + 18 = 28, \\ g_2(0) + \varphi_1(3) &= 0 + 35 = 35, \\ \varphi_2(3) &= \min \{34, 30, 28, 35\} = 28. \end{aligned}$$

Вычисляют  $\varphi_2(4)$ :

$$\begin{aligned} g_2(4) + \varphi_1(0) &= 39 + 0 = 39, \\ g_2(3) + \varphi_1(1) &= 34 + 11 = 45, \\ g_2(2) + \varphi_1(2) &= 19 + 18 = 37, \\ g_2(1) + \varphi_1(3) &= 10 + 35 = 45, \\ g_2(0) + \varphi_1(4) &= 0 + 20 = 20, \\ \varphi_2(4) &= \min \{39, 45, 37, 45, 20\} = 20. \end{aligned}$$

Минимальные риски при  $x = 4$  составят 20 млн.руб.

Этап 3. Определяется оптимальная стратегия при вложении в четыре инвестпроекта трех текстильных предприятий по формуле

$$\varphi_3(x) = \min \{g_3(x_3) + \varphi_2(x - x_3)\}. \quad (20)$$

Находят  $\varphi_3(4)$ :

$$\begin{aligned} g_3(4) + \varphi_2(0) &= 40 + 0 = 40, \\ g_3(3) + \varphi_2(1) &= 36 + 10 = 46, \\ g_3(2) + \varphi_2(2) &= 20 + 18 = 38, \\ g_3(1) + \varphi_2(3) &= 9 + 28 = 37, \\ g_3(0) + \varphi_2(4) &= 0 + 20 = 20, \\ \varphi_2(4) &= \min \{40, 46, 38, 37, 20\} = 20. \end{aligned}$$

Из последнего выражения мы получаем, что минимальный риск при  $x = 4$  составляет 20 млн.руб. В целом же оценены риски при осуществлении всех трех этапов проектов инвестирования. При возврате от 3-го к 1-му этапу минимальный риск в 20 млн.руб. на 2-м и 3-м этапе соответствует 2-му реализуемому проекту 3-го текстильного предприятия.

В итоге стратегия оптимизации будет состоять в осуществлении проекта капиталовложений 2-м и 3-м предприятиями текстильной промышленности, при котором минимум риска составит 20 млн.руб.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам анализа процесса оптимизации инвестиционных проектов по критериям эффективности предприятий текстильной отрасли необходимо сформулировать ряд следующих выводов.

1. Экономико-математический инструментарий, характеризующий свойства и другие элементы портфелей ценных бумаг и портфели инвестиционных проектов в текстильной промышленности, в целом можно признать одинаковыми, различающимися лишь спецификой объектов инвестиционных вложений.

2. Оптимальным следует признать такой портфель инвестиционных проектов для текстильных предприятий, который обеспечивает получение максимального ожидаемого дохода от капиталовложений при за-

данном уровне риска, или при котором минимизируется риск для заданного уровня прибыли.

3. Симплексный метод рекомендуется использовать в случае оптимизации портфелей проектов инвестиционных вложений текстильными предприятиями, которые осуществляются на основе заемных ресурсов, поскольку его использование обеспечивает решение задачи линейного программирования, имеющей канонический вид.

4. Динамическое программирование подходит, в свою очередь, для оптимизации портфелей инвестпроектов предприятий текстильной промышленности, которые планируются к реализации с использованием собственных средств, что обуславливает необходимость принятия во внимание этапности разработки и принятия решений относительно реализации конкретных проектов инвестиционных вложений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буянский С.Г., Трунцевский Ю.В. Корпоративное управление, комплаенс и риск-менеджмент. – М.: Русайнс, 2017.
2. Дамодаран А. Стратегический риск-менеджмент: принципы и методики. – М.: Вильямс И.Д., 2017.
3. Ильина Л.Ю. Совершенствование системы планирования снабжения предприятий легкой промышленности в условиях стратегических изменений: Дис...канд. экон. наук. – Кострома, КГТУ, 2014.
4. Кудрявцев А.А. Интегрированный риск-менеджмент. – М.: Экономика, 2018.
5. Лахметкина Н.И. Инвестиционная стратегия предприятия. – М.: КноРус, 2016.
6. Нешитой А.С. Инвестиции. – М.: Дашков и К°, 2018.
7. Пустовалов М.Н. Инновационные подходы к совершенствованию методов управления инвестиционно-строительной деятельностью: Дис...канд. экон. наук. – М.: Государственная академия строительства и жилищно-коммунального комплекса, 2010.
8. Риск-менеджмент инвестиционного проекта / Под ред. Грачевой М.В. – М.: Юнити, 2018.
9. Тьюлз Р.Дж., Брэдли Э.С., Тьюлз Т.М. Фондовый рынок / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1997.
10. Уткин А.И., Сперанский С.Н. Управление доходным потенциалом кластерообразующих предприятий Ивановской области // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №3.



11. Чепкасов В.В. Инвестиции: понятие и основные виды // Научно-практический электронный журнал "Аллея Науки". – 2019, №5.

12. Шапкин А.С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций. – М.: Дашков и К°, 2018.

13. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Управление портфелем инвестиций ценных бумаг. – М.: Дашков и К°, 2018.

#### REFERENCES

1. Buyanskiy S.G., Truntsevskiy Yu.V. Korporativnoe upravlenie, komplains i risk-menedzhment. – М.: Rusayns, 2017.

2. Damodaran A. Strategicheskij risk-menedzhment: printsipy i metodiki. – М.: Vil'yams I.D., 2017.

3. П'ина Л.Ю. Sovershenstvovanie sistemy planirovaniya snabzheniya predpriyatij legkoy promyshlennosti v usloviyakh strategicheskikh izmeneniy: Dis....kand. ekon. nauk. – Kostroma, KGTU, 2014.

4. Kudryavtsev A.A. Integrirovannyy risk-menedzhment. – М.: Ekonomika, 2018.

5. Lakhmetkina N.I. Investitsionnaya strategiya predpriyatiya. – М.: KnoRus, 2016.

6. Neshitoy A.S. Investitsii. – М.: Dashkov i Ko, 2018.

7. Pustovalov M.N. Innovatsionnye podkhody k sovershenstvovaniyu metodov upravleniya investitsionno-stroitel'noy deyatel'nost'yu: Dis....kand. ekon. nauk. – М.: Gosudarstvennaya akademiya stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo kompleksa, 2010.

8. Risk-menedzhment investitsionnogo proekta / Pod red. Grachevoy M.V. – М.: Yuniti, 2018.

9. T'yulz R.Dzh., Bredli E.S., T'yulz T.M. Fondovyy rynek / Per. s angl. – М.: INFRA-M, 1997.

10. Utkin A.I., Speranskiy S.N. Upravlenie dokhodnym potentsialom klasteroobrazuyushchikh predpriyatij Ivanovskoy oblasti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №3.

11. Чепкасов В.В. Investitsii: ponyatie i osnovnye vidy // Nauchno-prakticheskij elektronnyy zhurnal "Alleya Nauki". – 2019, №5.

12. Shapkin A.S. Ekonomicheskie i finansovye riski. Otsenka, upravlenie, portfel' investitsiy. – М.: Dashkov i Ko, 2018.

13. Shapkin A.S., Shapkin V.A. Upravlenie portfelem investitsiy tsennykh bumag. – М.: Dashkov i Ko, 2018.

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 12.07.21.

УДК 677:382

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_37

## ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### PROBLEMS OF PREDICTIVE MODEL CONSTRUCTING OF INDICATORS OF FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY OF TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

*А.Н. КИСЛЯКОВ*

*A.N. KISLYAKOV*

**(Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации,**

**Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации, Владимирский филиал)**

**(Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,  
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Vladimir branch)**

E-mail: ankislyakov@mail.ru

*Работа посвящена актуальной проблеме построения прогностических моделей показателей внешнеэкономической деятельности предприятий текстильной промышленности, основанных на алгоритмах машинного обучения. Цель работы заключается в описании подхода к построению моделей*

*на основе кластерного анализа, деревьев принятия решений и нейронных сетей. Показаны примеры построения прогностических моделей на основе ансамблевых методов и искусственных нейронных сетей для набора данных, описывающего факты внешнеэкономической деятельности по товарно-номенклатурным группам и регионам Центрального федерального округа Российской Федерации. Описанный подход позволяет повысить эффективность построения и описания торгового профиля региона в целях управления развитием внешнеэкономической деятельностью региона в сегменте производства текстильной продукции.*

*The paper is devoted to the actual problem of predictive model constructing of indicators of foreign economic activity of textile industry enterprises based on machine learning algorithms. The purpose of this paper is to describe an approach to creating models based on cluster analysis, decision trees, and neural networks. Examples of predictive model constructing based on ensemble methods and artificial neural networks for a data set describing the facts of foreign economic activity by commodity-nomenclature groups and regions of the central Federal District of the Russian Federation are shown. The described approach makes it possible to increase the efficiency of constructing and describing the trade profile of the region in order to manage the development of the region's foreign economic activity in the textile production segment.*

**Ключевые слова:** текстильная промышленность, кластерный анализ, деревья решений, нейронные сети.

**Keywords:** textile industry, cluster analysis, decision trees, neural networks.

#### *Введение*

На сегодняшний день управление внешнеэкономической деятельностью предприятий текстильной промышленности в условиях товарно-санкционных ограничений и последствий пандемии COVID-19 как никогда нуждается в разработке качественных прогностических моделей показателей эффективности функционирования предприятий текстильной промышленности и исследовании новых возможностей и форматов производства, а также реализации текстильной продукции Российской Федерации в контексте управления развитием территорий. Особую актуальность приобретает задача исследования результатов деятельности предприятий как в разрезе отдельных регионов, так и в разрезе товарных групп в целях повышения эффективности экономического планирования и прогнозирования условий выпуска продукции. Решение подобных задач основано на грамотном использовании методов экономико-математического моделирования, алгоритмов анализа данных и машинного обучения.

Одним из перспективных подходов к исследованию временных рядов применительно к задаче построения прогностических моделей является использование моделей машинного обучения [1], [2], которые опираются как на методы кластерного анализа, позволяющие обобщить признаки и характеристики взаимодействия отдельных групп (кластеров) объектов социально-экономической системы, так и методы построения прогностических моделей на основе временных рядов.

Цель работы заключается в описании подхода к построению прогностических моделей показателей внешнеэкономической деятельности предприятий текстильной промышленности на основе моделей машинного обучения.

#### *Методы и инструменты*

Начальным этапом построения любой прогностической модели является изучение набора данных, который описывает предметную область. Обычно исходный набор данных представляет собой несколько показателей, представленных в виде времен-

ного ряда. Однако чаще всего временной ряд является коротким, нестационарным, с резкими изменениями значений переменных, разрывами и скачкообразными изменениями, что в значительной мере снижает качество прогностических моделей [3]. Методы виртуального расширения статистической выборки и аргументации [4] позволяют частично решить данную проблему за счет использования инструментария имитационного моделирования [5], однако более важным является необходимость учета взаимных связей отдельных предикторов модели. Указанная задача требует сравнительного анализа эффективности различных алгоритмов машинного обучения. Ряд исследований показал, что высокую эффективность при описании пространства признаков социально-экономических систем имеют алгоритмы на основе деревьев решений и искусственных нейронных сетей [6], [7].

Классические методы регрессионного анализа и описательной статистики [8] не позволяют эффективно обучить модель на основе комплекса признаков и требуют

тщательного их отбора, в то время как методы на основе глубокого обучения и теории графов менее требовательны к набору предикторов и позволяют автоматически их отбирать в процессе обучения. Основной задачей является лишь определение тех признаков, которые могут быть включены в модель.

Для описания указанного подхода из открытых источников были взяты показатели объемов импорта и экспорта по одной из групп товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТНВЭД): 63 – Прочие готовые текстильные изделия; наборы; одежда и текстильные изделия и т.д. На рис. 1-а и б показаны результаты анализа объемов импорта/экспорта по регионам, в дол. (а), и результаты кластеризации регионов Центрального федерального округа (ЦФО) Российской Федерации (РФ) по объемам импорта и экспорта (б): объемы товарооборота в денежном выражении по осям приведены в логарифмическом масштабе.

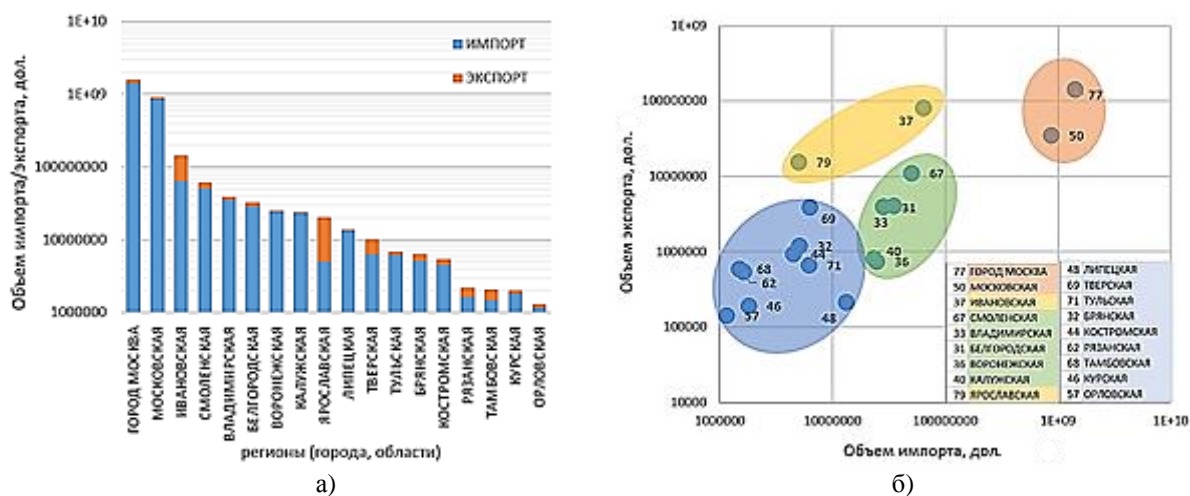


Рис. 1

Анализ результатов, представленных на рис. 1, показывает, что объемы импорта и экспорта продукции данной товарной группы значительно отличаются в зависимости от региона, что обусловлено как исторически сложившимися обстоятельствами – регионы с наиболее развитым текстильным производством: Ивановская обл., Ярославская обл., так и высокой плотностью населения – г. Москва и Московская

обл. Простая визуализация в виде временных диаграмм (рис. 2 – изменение объемов импорта и экспорта текстильной продукции в Ярославской, Ивановской и Московской областях) соотношения импорта и экспорта показывает, что в регионах с большей плотностью населения наблюдается резкое возрастание объемов импорта в начале 2020 г. в разгар "первой волны" пандемии COVID-19. Это связано с закупкой сырья

для пошива защитных медицинских масок и костюмов различных видов. Однако регионы с традиционно высоким уровнем экспорта, по всей видимости, в меньшей степени задействованы в процессе производства указанных видов продукции. Так, Ярославская и Ивановская области показали незначительную отрицательную динамику в объемах экспорта. При этом Ивановская обл. показала значительное снижение объемов импорта. Данные выводы говорят о необходимости учета указанных дополнительных признаков при построении модели.

Кроме регионального аспекта следует также обратить внимание и на товарно-номенклатурные группы [9]. На рис. 3 показано соотношение объемов импорта и экспорта текстильной продукции по товарным

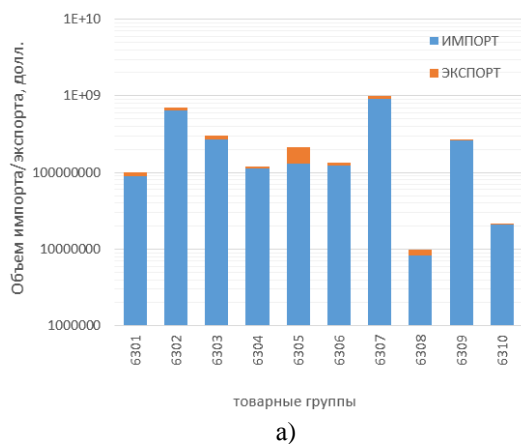


Рис. 3

группам и результаты кластерного анализа по товарным группам. Описание уточняющих кодов ТНВЭД группы 63 приведено в табл. 1 по объемам импорта и экспорта.

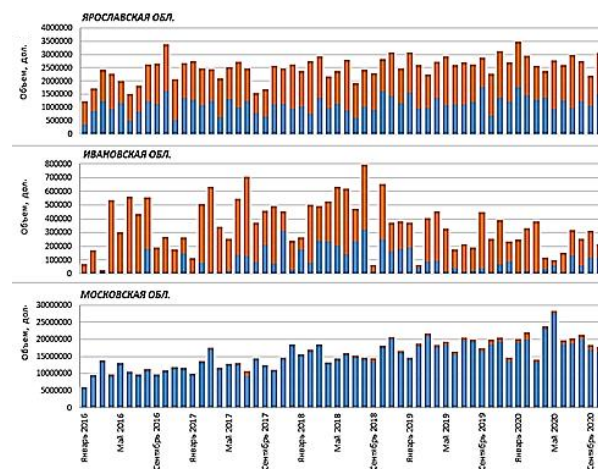


Рис. 2

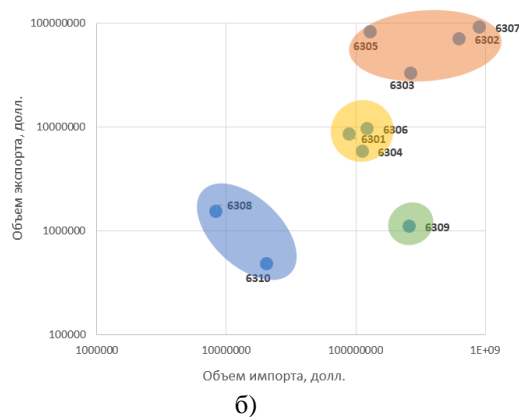


Таблица 1	
6301	Одеяла и пледы дорожные
6302	Белье постельное, столовое, туалетное и кухонное
6303	Занавеси (включая портьеры) и внутренние шторы; ламбрекены или подзоры для кроватей
6304	Изделия декоративные прочие, кроме изделий товарной позиции 9404
6305	Мешки и пакеты упаковочные
6306	Брезенты, навесы, тенты; палатки; паруса для лодок, досок для виндсерфинга или сухопутных транспортных средств; снаряжение для кемпинга
6307	Готовые изделия прочие, включая выкройки одежды
6308	Наборы, сост. из тканей и пряжи или нитей с принадлеж. или без них, для изгот. ковров, гобеленов, вышитых скатертей или салфеток или аналог. текст. изделий, упакованные или для розн. продажи
6309	Одежда и прочие изделия, бывшие в употреблении
6310	Тряпье, использованное или новое, куски бечевки, веревок, канатов и тросов и изделия из бечевки, веревок, канатов или тросов, из текстильных материалов, бывшие в употреблении

Результаты, показанные на рис. 3, позволяют сделать вывод о том, что указанные характеристики оказывают влияние на целевые показатели и также могут быть ис-

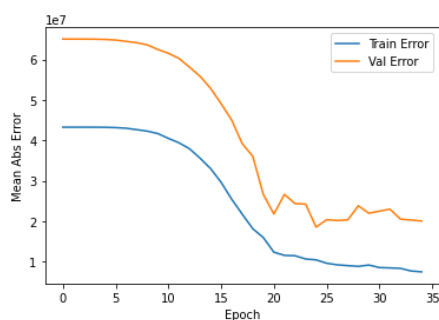
пользованы для конструирования признаков модели. При этом следует отметить, что перечень признаков может быть расширен аналогично после проведения дополни-

тельных исследований по возможности включения их в модель, например, страна импортер/экспортер.

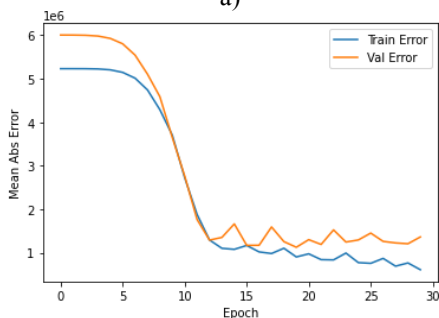
#### Результаты и обсуждение

На основе описанных признаков был сформирован набор данных, включающий описание объемов импорта/экспорта по ЦФО в дол. США в разрезе регионов и товарных групп. Показатели отражены по периодам с шагом в 1 месяц, начиная с января 2016 г. по октябрь 2020 г. Указанный набор данных состоит из 57 точек данных и 28 признаков: 10 товарно-номенклатурных групп и 18 регионов, которые являются предикторами модели. Требуется выполнить прогноз показателей объемов импорта и экспорта по ЦФО.

Результаты обучения и настройки алгоритма на основе искусственных нейронных сетей [6] для показателей объемов импорта (а) и экспорта (б) по ЦФО с использованием библиотеки tensorflow для глубокого обучения на языке Python приведены на рис. 4.



а)



б)

Рис. 4

Конфигурация многослойной сверточной нейронной сети с оптимальными характеристиками позволяет создать прогностическую модель на основе регрессии при средней абсолютной ошибке (mean absolute error – MAE) 10066350 дол. для показателя

импорта и 2158024 дол. для показателя экспорта, что составляет порядка 10 и 5% от среднего значения показателей объемов импорта и экспорта соответственно.

Дальнейшие эксперименты с конфигурацией показали, что в данном случае потенциал ИНС исчерпан и дополнение новых слоев и количества нейронов в скрытых слоях не приводит к улучшению точностных характеристик модели. Обучение выполняется за 30 эпох (epoch). Причина столь посредственных характеристик точности – недостаток обучающего набора данных, при этом даже методы расширения статистической выборки не способны кардинально исправить ситуацию.

В свою очередь, использование методов на основе деревьев решений позволяет более глубоко изучить небольшой массив данных. Однако обучение дерева решений может создать сверхсложные деревья, которые не обобщаются хорошо из обучающих данных (эффект "переобучения"). В связи с этим разработаны более сложные ансамблевые методы, такие как, например, random forest (случайный лес) с последующей выборкой данных для обучения модели (bagging) в целях повышения адекватности разрабатываемых моделей с расширением не исходной выборки данных, а результатов работы моделей [6], [10]. Результат использования алгоритма случайный лес для 10 тыс. деревьев решений и параметров для управления генератором случайных чисел, равным 50, на указанном выше наборе показал лучшие точностные характеристики при средней абсолютной ошибке 6334538,76 дол. для объемов импорта и 331616,62 для объемов экспорта, что составляет порядка 6,3 и 0,4% от среднего значения показателей объемов импорта и экспорта соответственно. Разумеется, указанные результаты могут быть улучшены при грамотной аргументации исходного набора данных.

## ВЫВОДЫ

При реализации прогностической модели на основе деревьев решений были получены лучшие характеристики точности,

чем при использовании ИНС, в связи с особенностями исходного набора данных. Описанный математический и программный инструментарий позволяет более эффективно выполнять прогноз показателей рынка текстильной продукции в ЦФО с учетом изменения внешних факторов, оказывающих влияние на хозяйственную деятельность. Указанный подход позволит не только раскрыть общее состояние показателей внешнеэкономической деятельности по сегменту текстильной продукции в ЦФО, но и дать понимание, какие алгоритмы и методы более эффективно использовать для обработки имеющихся данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R / Publisher: Springer. – 2013.
2. Shmueli Galit. Data Mining for Business Analytics: Concepts, Techniques, and Applications in R. – 2018.
3. Kislyakov A., Tikhonuyk N. Principles for Development of Predictive Stability Models of Social and Economic Systems on the basis of DTW // First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020). – Vol. 208. № 08001. 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202020808001
4. Q. Wen, L. Sun, X. Song, J. Gao, X. Wang, H. Xu. Time Series Data Augmentation for Deep Learning. 2020: A Survey arXiv:2002.12478v1 [cs.LG] 27 Feb 2020
5. Кисляков А.Н. Асимметрия информации в задачах анализа социально-экономических процессов. Вестник НГУЭУ. – 2020, №1. С. 64...75. <https://doi.org/10.34020/2073-6495-2020-1-064-075>
6. Ioannou Y.A., Robertson D., Zikic D., Kotschieder P., Shotton J., Brown M., Criminisi A. Decision Forests, Convolutional Networks and the Models in-Between. – 2016. ArXiv, abs/1603.01250.
7. De'ath G. Multivariate Regression Trees: A New Technique for Modeling Species-Environment Relationships. Ecology. – № 83, 2002. P. 1105...1117.
8. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition // Publisher: Springer. – 2017.
9. Wooldridge J. M. "Introductory Econometrics - A Modern Approach" South-Western Pub. – 2004. Ch.8. P.248...271.
10. Liu X., Liu X., Lai Y., Yang F., Zeng Y. Random Decision DAG: An Entropy Based Compression Approach for Random Forest. In: Li G., Yang J., Gama J., Natwchai J., Tong Y. (eds) Database Systems for Advanced Applications. DASFAA 2019. Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 11448, 2019. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18590-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18590-9_37)

Natwchai J., Tong Y. (eds) Database Systems for Advanced Applications. DASFAA 2019. Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 11448, 2019. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18590-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18590-9_37)

#### REFERENCES

1. Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R / Publisher: Springer. – 2013.
2. Shmueli Galit. Data Mining for Business Analytics: Concepts, Techniques, and Applications in R. – 2018.
3. Kislyakov A., Tikhonuyk N. Principles for Development of Predictive Stability Models of Social and Economic Systems on the basis of DTW // First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020). – Vol. 208. № 08001. 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202020808001
4. Q. Wen, L. Sun, X. Song, J. Gao, X. Wang, H. Xu. Time Series Data Augmentation for Deep Learning. 2020: A Survey arXiv:2002.12478v1 [cs.LG] 27 Feb 2020
5. Kislyakov A.N. Asimetriya informatsii v zadachakh analiza sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov. Vestnik NGUEU. – 2020, №1. S. 64...75. <https://doi.org/10.34020/2073-6495-2020-1-064-075>
6. Ioannou Y.A., Robertson D., Zikic D., Kotschieder P., Shotton J., Brown M., Criminisi A. Decision Forests, Convolutional Networks and the Models in-Between. – 2016. ArXiv, abs/1603.01250.
7. De'ath G. Multivariate Regression Trees: A New Technique for Modeling Species-Environment Relationships. Ecology. – № 83, 2002. P. 1105...1117.
8. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition // Publisher: Springer. – 2017.
9. Wooldridge J. M. "Introductory Econometrics - A Modern Approach" South-Western Pub. – 2004. Ch.8. P.248...271.
10. Liu X., Liu X., Lai Y., Yang F., Zeng Y. Random Decision DAG: An Entropy Based Compression Approach for Random Forest. In: Li G., Yang J., Gama J., Natwchai J., Tong Y. (eds) Database Systems for Advanced Applications. DASFAA 2019. Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 11448, 2019. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18590-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18590-9_37)

Рекомендована кафедрой экономики РАНХ и ГС, Владимирский филиал. Поступила 28.07.21.

## ВЛИЯНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ТРАДИЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### INFLUENCE OF NATIONAL TRADITIONS ON LIGHT INDUSTRY DEVELOPMENT

А.М. ЕСИРКЕПОВА<sup>1</sup>, А.Ж. ИСАМБАЕВА<sup>2</sup>, Б.Н. САБЕНОВА<sup>3</sup>,  
С.Ж. РЫСБАЕВА<sup>1</sup>, З.У. КУДАЙБЕРГЕНОВА<sup>1</sup>

A.M. YESSIRKEPOVA, A.ZH.ISSAMBAYEVA, B.N. SABENOVA,  
S.ZH. RYSBAYEVA, Z.U. KUDAYBERGENOVA

<sup>1</sup>Академия государственного управления при Президенте Республики Казахстан,

<sup>2</sup>Международный университет SILKWAY, Республика Казахстан,

<sup>3</sup>Международный гуманитарно-технический университет, Республика Казахстан)

(Academy of Public Administration under the President of the Republic of Kazakhstan,

SILKWAY International University, Republic of Kazakhstan,

International Humanitarian and Technical University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: essirkepova@mail.ru

*Процесс и пути развития легкой промышленности в той или иной стране неизменно находятся под влиянием двух направлений. Причем данные направления часто оказываются диаметрально противоположными в своем развитии. С одной стороны, предприятиям легкой промышленности, при формировании ассортиментной политики, необходимо ориентироваться на мировые тенденции и разработки, учитывая специализацию и унификацию, а также современные научные исследования, способствующие разработке тканей с повышенными потребительскими свойствами. С другой стороны, предприятия легкой промышленности должны учитывать национальный колорит, способный оказать значительное влияние на спрос внутри страны. В статье раскрыты основные особенности формирования товарной специализации на рынке легкой промышленности в Республике Казахстан, основанной на национальных традициях производства пряжи и тканей. Проведен анализ современного состояния данного рынка, на основе которого сделаны выводы об эффективности и востребованности отечественных товаров с национальным колоритом на мировом рынке, а также о перспективности развития легкой промышленности РК с позиции мирового рынка. Проведенное исследование позволило выявить тенденции в индустрии мировой моды, основанные на активном внедрении национальных орнаментов и методов производства тканей в процесс производства продуктов легкой промышленности.*

*The process and ways of light industry development in a particular country are invariably influenced by two lines. Moreover, these lines often turn out to be diametrically opposite in their development. On the one hand, light industry enterprises, when forming an assortment policy, need to focus on global trends and developments, taking into account specialization and unification, as well as modern scientific research that contributes to the development of fabrics with increased consumer properties. On the other hand, light industry enterprises should take into account the national flavor, which can have a significant impact on domestic demand. The article reveals the main features of the commodity specialization formation in the*



*light industry market in the Republic of Kazakhstan, based on the national traditions of yarn and fabric production. The analysis of the current state of this market was carried out, on the basis of which the conclusions about the effectiveness and demand for domestic products with a national flavor in the world market were drawn, as well as the conclusions about the prospects for the light industry development in the Republic of Kazakhstan from the position of the world market were made. The conducted research allowed us to identify trends in the world fashion industry, based on the active introduction of national ornaments and methods of fabric production in the production process of light industry products.*

**Ключевые слова:** товарная специализация, легкая промышленность, национальные орнаменты, национальный колорит, мировой рынок продукции.

**Keywords:** commodity specialization, light industry, national ornaments, national flavor, world product market.

#### *Введение*

Особой популярностью в текстильной отрасли в последнее время стало пользоваться такое направление, как эклектика, то есть смешение различных стилей, в данном случае национального и классического [1]. Современные товары сферы легкой промышленности, созданные с учетом национального колорита, всегда оригинальны и неповторимы [2]. Возрождение традиционных методов обработки тканей и пряжи, а также восстановление интереса к национальным ремеслам, в совокупности привели к развитию целого направления в легкой промышленности, основанного на исторически сложившихся казахских орнаментах и узорах [3]. Причем данный интерес все больше проявляется не только на внутреннем рынке, но и на мировом. Особой популярностью пользуются идеи национальной одежды казахов, как самобытной и оригинальной как по стилю, так и по значению.

В общемировом разрезе главными поставщиками на мировой рынок долгое время являются такие страны, как Индия и Китай [4]. В настоящее время Китай в мировом производстве занимает значительный удельный вес в легкой промышленности [5]: выращивание хлопка (40%), производство нитей (65%), производство ткани и верхней одежды (50%). В данных цифрах заложен значительный потенциал для роста такого сектора экономики Казахстана, как производство одежды с национальным ко-

лоритом, пользующейся все большим спросом на мировом рынке сбыта.

К наиболее перспективным, с позиции развития легкой промышленности Казахстана, можно отнести рыночные ниши, на данный момент в силу определенных причин не занятые мировыми производителями, и соответственно сохраняющие низкий уровень конкуренции [6]. Выявление подобных ниш, а также захват их с целью дальнейшей монополизации, позволит стране выйти на качественно новую форму организации производственных мощностей [7]. В данном случае именно сектор производства одежды с элементами национального колорита является с этих позиций наиболее перспективным [8]. Растущий спрос на мировом рынке на эклектику позволит республике выйти на рынок со своими моделями одежды, способными представить достаточный уровень конкуренции традиционными видами производства. В настоящее время наблюдается пресыщение рынка низкокачественными товарами со стандартным подходом к производству и формированию ассортимента ряда.

На мировом рынке сформировалось пять направлений в оформлении орнаментом предметов интерьера, текстильных изделий, а также элементов декора [9]. Подробно эти направления рассмотрены в онлайн-издании [10]. Проанализировав отличительные особенности каждого из них, а также характерные признаки и элементы, систематизируем их в виде табл. 1.



Наименование	Элементы орнамента	Цветовое решение	Интерьерное применение	История появления
Классический орнамент (Дамаск)	рисунок состоит из переплетений линий, образующих в совокупности цветосток со множеством листьев и других элементов растительного происхождения	для создания используют всего 2 цвета – фон и цвет рисунка	используется практически во всех предметах интерьера	название, так же как и сам орнамент, сформировалось и закрепилось в городе Дамаске (столица Сирии в средние века).
Восточный орнамент (Пейсли)	рисунок формируется в виде узора каплевидной формы, основу которого составляет так называемая "бута"	нет ограничений по сочетанию цветов	используется в любом предмете декоративного искусства	орнамент пришел из Персии и сформировался на основе восточных мотивов
Французский орнамент (Де жуи)	классический французский узор, основу которого составляют элементы растительного и животного происхождения, мифологические и исторические сюжеты	монохромные узоры, как правило, красного или фиолетового цвета, расположенные на бежевом фоне	предпочтительным интерьером для использования является классический французский или так называемый прованс	орнамент зародился в XVIII веке. Автором его часто называют художника Кристофера-Филиппа Оберкампа
Скандинавский орнамент	Простые линии, гармония форм, своеобразная стилистика изображения животного и растительного мира согласно древним традициям северных народов	сдержанность в применяемой цветовой гамме; рисунок построен на сочетании оттенков красного, оранжевого, желтого и бордового	органично орнамент выглядит в качестве акцентов	предпосылками зарождения послужили древние северные традиции народов скандинавских стран
Русский орнамент (А-ля рус)	простота и лаконичность формы орнамента	на светлом льняном полотне красные, синие и черные узоры	используется практически во всех предметах интерьера	переплетение различных стилистических направлений народной культуры, населяющих Россию многие века

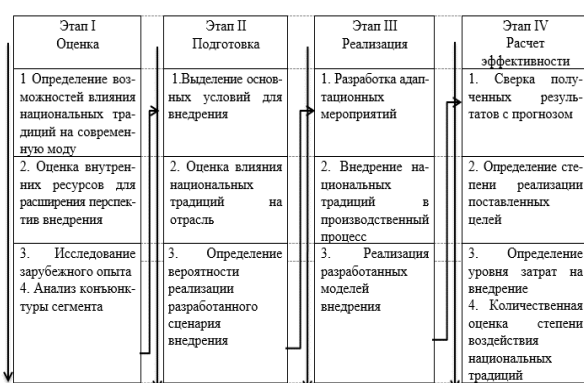


Рис. 1

Воздействие национальных традиций на развитие легкой промышленности осуществляется посредством прохождения четырех последовательных этапов. Механизм воздействия национальных традиций на развитие легкой промышленности представлен на рис. 1.

На первом этапе осуществляется оценка возможностей и перспектив развития национальных традиций в легкой промышленности. Успешное прохождение данного этапа ведет к оценке внутренних ресурсов, необходимых для расширения перспектив, а также возможностей внедрения. Прежде чем переходить непосредственно к разработке механизма внедрения полученных результатов в практику управления, специалисты изучают зарубежный опыт, способны предоставить готовые решения, что значительно упростит процедуру прохождения последующих этапов. На последнем этапе изучаются возможности трансформации рынка, потребности и запросы конечных потребителей, а также общее состояние отрасли с позиции возможности проведения изменений.

Второй этап относится к подготовительному, на котором необходимо сгруппировать и обобщить полученные результаты анализа опыта зарубежных рынков, а также систематизировать данные проведенного анализа с целью выработки непосредственно механизма воздействия национальных традиций на развитие легкой промышленности. Данный этап включает три ступени и начинается с выделения основных условий для внедрения. На основе полученных данных проводится оценка влияния национальных традиций на отрасль, а также определяется вероятность реализации разработанного сценария внедрения. Как правило, разрабатываются три базисных сценария: оптимистичный, пессимистичный и максимально приближенный к реально существующему. На основании каждого сценария разрабатывается отдельный механизм взаимодействия элементов, составляющих систему определения уровня воздействия национальных традиций на развитие легкой промышленности региона. Данный этап относится к наиболее важным, так как недооценка или переоценка возможностей рынка легкой промышленности может привести к необратимым изменениям, способным негативно отразиться на развитии всей отрасли, а не только отдельного ее сегмента, сосредоточенного на внедрении национальных орнаментов в производственную практику.

Третий этап предполагает непосредственно реализацию намеченных целей посредством внедрения полученных результатов на предыдущих двух этапах на практике. Прежде чем приступить непосредственно к внедрению механизма, необходимо разработать адаптационные мероприятия, целью которых должна стать разработка программы действий, необходимых для приспособления полученных результатов на практике. Отдельно разрабатывается компенсационный механизм, способный нивелировать негативные последствия неверно принятых решений на этапе планирования. Далее идет непосредственно этап, ради которого была проведена вся предыдущая работа: внедрение национальных традиций в производственный процесс. За-

вершающим разделом данного этапа является процедура реализации разработанных моделей внедрения. Способность моделировать протекающие процессы является одной из характерных черт, отражающих возможности трансформационных изменений, способных дать предварительную оценку последующих действий, а также подготовить процесс к переходу на следующий этап механизма.

На четвертом этапе, на основе полученных данных третьего этапа, осуществляется расчет эффективности проведенных мероприятий. Данный этап включает в себя четыре ступени, последовательное прохождение которых способно дать окончательную оценку приложенных усилий, а также обратную связь для производителей легкой промышленности. Этап начинается со сверки полученных результатов с прогнозными данными. На этом этапе выявляются отклонения, а также ищутся объяснения данных отклонений, дается оценка полученных результатов с позиции возможности повышения эффективности всего механизма в дальнейшем. Далее определяют степень и уровень реализации поставленных целей. Определяется процент их достигнутой, а также выявляются скрытые резервы роста. На основании этого формируется обобщенная характеристика дальнейших действий, целью которой является определение уровня затрат на внедрение. Последним шагом в данном механизме является количественная оценка степени воздействия национальных традиций на уровень дальнейшего развития легкой промышленности. На этом этапе дается оценка затраченных усилий, принимаются решения о целесообразности продолжения работы в данном направлении, а также дается обратная связь по допущенным ошибкам и просчетам, которая в дальнейшем учитывается, как имеющая практическое значение для всей отрасли.

## В Ы В О Д Ы

Подводя итоги, необходимо отметить, что на рынке текстильных изделий появляются новые модификации тканей, в связи с

чем легкой промышленности необходимо определиться с перспективными направлениями дальнейшего развития. С этих позиций наиболее эффективным является внедрение механизма, способного коммерциализировать огромный пласт национальных традиций. Современное состояние легкой промышленности России и Казахстана, согласно имеющимся производственным мощностям, способно в полной мере обеспечить выпуск готовой продукции на основе внедрения национальных орнаментов в стилистику конечного продукта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чижик К., Котляр Е. Р. Роль текстиля в монументальном искусстве модерна // Крымский мир: культурное наследие. – 2016, С. 162.
2. Аккуратова О.Л., Медведева Е.Ю., Егорова Т.В. Роль прикладного народного искусства в создании современной коллекции одежды // Молодые ученые развития текстильно-промышленного кластера (ПОИСК). – 2016, № 1. С. 547...549.
3. Асанова А.Е. Культурное наследие казахского народа как источник вдохновения дизайнеров-модельеров // Мир науки, культуры, образования. – 2012, №1.
4. Ibragimova R.S. Проблемы долгосрочного роста текстильной и швейной промышленности России // Вестник Пермского университета. Серия "Экономика" = Perm University Herald. ECONOMY. – 2019. Т. 14, № 4. С. 617...636.
5. Tulemetova A.S., Parmanova R.S., Zhakeshova A.P., Mashirova T.N., Yessirkepova A.M. The market of knitted and knitted products of the Republic of Kazakhstan: Condition and development prospects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, Iss.1. P. 142...149.
6. Akhmetova G.Z.H., Baineyeva P.T., Samenova N.Z.H., Sadykova Z.H.E., Yessirkepova A.M. Innovative technologies in the cotton industry as a basis for expanding the raw material base of textile enterprises // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, Iss.1. P. 57...64.
7. Давтян Г.Г. и др. Возможности новой методики оценки технологичности предприятий легкой промышленности по эффективному использованию инновационных решений при производстве востребованной продукции // Интеграция отечественной науки в мировую: структурные преобразования и перспективные направления развития. – 2016. С.90...97.
8. Мусаева Н.Р. и др. Новая жизнь национальных орнаментов в текстиле Казахстана // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 6. С. 220...225.
9. Широковских М.С. Особенности проектирования декоративных тканей: этнические мотивы и

национальный колорит в рапортных рисунках // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2015, № 12-2. С.207...212.

10. <https://subscribe.ru/group/zhivi-raduyas/13821493/>

#### REFERENCES

1. Chizhik K., Kotlyar E. R. Rol' tekstilya v monumental'nom iskusstve moderna // Krymskiy mir: kul'turnoe nasledie. – 2016, S. 162.
2. Akkuratova O.L., Medvedeva E.Yu., Egorova T.V. Rol' prikladnogo narodnogo iskusstva v sozdanii sovremennoy kolleksii odezhdy // Molodye uchenye razvitiyu tekstil'no-promyshlennogo klastera (POISK). – 2016, № 1. S. 547...549.
3. Asanova A.E. Kul'turnoe nasledie kazakhskogo naroda kak istochnik vdokhnoveniya dizaynerov-model'erov // Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. – 2012, №1.
4. Ibragimova R.S. Problemy dolgosrochnogo rosta tekstil'noy i shveynoy promyshlennosti Rossii // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya "Ekonomika" = Perm University Herald. ECONOMY. – 2019. T. 14, № 4. S. 617...636.
5. Tulemetova A.S., Parmanova R.S., Zhakeshova A.P., Mashirova T.N., Yessirkepova A.M. The market of knitted and knitted products of the Republic of Kazakhstan: Condition and development prospects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, Iss.1. P. 142...149.
6. Akhmetova G.Z.H., Baineyeva P.T., Samenova N.Z.H., Sadykova Z.H.E., Yessirkepova A.M. Innovative technologies in the cotton industry as a basis for expanding the raw material base of textile enterprises // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, Iss.1. P. 57...64.
7. Davtyan G.G. i dr. Vozmozhnosti novoy metodiki otsenki tekhnologichnosti predpriyatiy legkoy promyshlennosti po effektivnomu ispol'zovaniyu innovatsionnykh resheniy pri proizvodstve vostrebovannoy produktsii // Integratsiya otechestvennoy nauki v mirovuyu: strukturnye preobrazovaniya i perspektivnye napravleniya razvitiya. – 2016. S.90...97.
8. Musaeva N.R. i dr. Novaya zhizn' natsional'nykh ornamentov v tekstile Kazakhstana // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 6. S. 220...225.
9. Shirokovskikh M.S. Osobennosti proektirovaniya dekorativnykh tkaney: etnicheskie motivy i natsional'nyy kolorit v rapportnykh risunkakh // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2015, № 12-2. С.207...212.
10. <https://subscribe.ru/group/zhivi-raduyas/13821493/>

Рекомендована Ученым советом. Поступила 06.07.21.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ  
НА ПРОИЗВОДСТВО ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ  
С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

**DETERMINING THE COSTS  
FOR THE PRODUCTION OF COTTON YARN  
USING THE PARAMETRIC PLANNING METHOD**

*Л.Е. ЗЕРНОВА, С.И. ИЛЬИНА, Н.С. ИВАЩЕНКО, Р.В. ПОЛИТОВА, А.А. ОРДЫНЕЦ*  
*L.E. ZERNOVA, S.I. ILINA, N.S. IVASCHENKO, R.V. POLITOVA, A.A. ORDYNETC*

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

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

E-mail: dekfem@mail.ru

*В статье предлагается использование метода параметрического планирования для определения себестоимости хлопчатобумажной пряжи. Предлагается классификация параметров по степени их воздействия на себестоимость пряжи, с учетом их деления на управляющие и промежуточные. Представленные параметры характеризуют основные элементы процесса производства – предметы труда, средства труда и непосредственно сам труд. Разработана схема определения себестоимости пряжи параметрическим методом, которая включает определенную последовательность этапов расчета. Предложен экспресс-метод определения полной видовой трудоемкости пряжи, который позволяет оперативно и достаточно точно рассчитать этот показатель. При использовании параметрического метода планирования, в отличие от уже существующих методов, первоначально рассчитывается себестоимость пряжи каждой линейной плотности, то есть так называемая видовая калькуляция. Метод позволяет рассчитывать различные варианты (сценарии) затрат за счет изменения отдельных параметров производственного процесса, а также определять нормативную и потенциально достижимую себестоимость, которая может быть получена при оптимальных производственных и организационных условиях на предприятии.*

*The article suggests using the parametric planning method to determine the cost of cotton yarn. It is proposed to classify the parameters according to the degree of their impact on the cost of yarn, taking into account their division into control and intermediate ones. The presented parameters characterize the main elements of the production process – objects of labor, means of labor and labor itself. A scheme for the cost determining of yarn by the parametric method has been developed, which includes a certain sequence of calculation stages. An express method for determining the total specific labor intensity of yarn is proposed, which allows to calculate this indicator quickly and accurately. When using the parametric planning method, in contrast to the existing ones, the cost of yarn of each linear density is initially calculated, that is, the so-called species calculation. The method allows you to calculate various options (scenarios) of costs due to changes in individual parameters of the production process, as well as to determine the standard and potentially*

*achievable cost, which can be obtained under optimal production and organizational conditions at the enterprise.*

**Ключевые слова:** параметры производственного процесса, себестоимость продукции, параметрическое планирование, классификация параметров, нормативная себестоимость, потенциально достижимая себестоимость, полная видовая трудоемкость пряжи.

**Keywords:** production process parameters, production cost, parametric planning, classification of parameters, standard cost, potentially achievable cost, total specific labor intensity of yarn.

Современное состояние развития экономики страны связано с нестабильностью, действием экономических санкций, последствий коронавирусной инфекции, падением платежеспособного спроса населения. Все эти негативные тенденции остро проявляются в производственной сфере, в том числе на предприятиях текстильной промышленности.

Среди проблем, стоящих перед текстильной промышленностью, можно выделить: финансовую, ресурсную, сбытовую, технико-технологическую. В современных условиях необходимо повышать конкурентоспособность продукции при оптимальных затратах на ее производство.

М. Портер, разрабатывая стратегии развития предприятий, одной из базовых выделил именно стратегию издержек, суть которой заключается в эффективном управлении затратами [1].

Методы определения и планирования себестоимости продукции всегда привлекали внимание экономистов [2], [4]. В современных условиях на эти проблемы также необходимо обращать серьезное внимание. Ведь именно уровень затрат предопределяет прибыль предприятия, его экономическую безопасность, влияет на формирование емкости рынка через политику снижения цен, принятие оптимальных управленческих решений [5], [6].

Себестоимость продукции определяет нижнюю границу цены продукции, обеспечивающей безубыточность работы предприятия, что, в свою очередь, является важным фактором при проведении переговоров в процессе заключения договоров купли-продажи. Необходимо оперативно

решать задачи по определению затрат на производство и реализацию как действующего ассортимента, так и новой продукции [7...11]. Именно эту задачу позволяет решать параметрическое планирование себестоимости, которое позволяет получить величину затрат с учетом влияния различных параметров как организационного, так и технологического характера.

Каждое текстильное производство, в том числе и прядильное, имеет свои специфические особенности, набор параметров различается, и это должно быть учтено при разработке параметрических моделей себестоимости. С нашей точки зрения, все параметры, определяющие себестоимость хлопчатобумажной пряжи, можно разделить на две группы: управляющие и промежуточные (рис.1 – классификация параметров по их воздействию на себестоимость пряжи).



Рис. 1

Управляющие параметры – это экономические параметры, с помощью корректировки которых в процессе принятия управленческих решений можно влиять на уровень затрат, то есть изменять ход и направление экономического процесса на конкретном предприятии. К промежуточным параметрам можно отнести те показатели процесса производства, которые непосредственно зависят от управляющих параметров. Как видно из рис. 1 (классификация параметров по их воздействию на себестоимость пряжи), все представленные параметры характеризуют основные элементы процесса производства – предметы труда, средства труда и непосредственно сам труд.

Общую себестоимость 100 кг пряжи можно представить в следующем виде:

$$C_j = C_{cj} + C_{mj} + C_{gj} + C_{otj} + C_{pcj} + C_{uj} + C_{fj} + C_{npj} + C_{bj}, \quad (1)$$

где  $C_j$  – себестоимость пряжи линейной плотности  $j$ , руб./1000 кг;  $C_{cj}$  – стоимость сырья, заработанного в 100 кг пряжи линейной плотности  $j$ , руб./1000 кг;  $C_{mj}$  – стоимость вспомогательных материалов на технологические цели, использованных при выработке пряжи линейной плотности  $j$ , руб./1000 кг;  $C_{gj}$  – сумма расходов на оплату труда производственных рабочих при производстве пряжи линейной плотности  $j$ , руб./1000 кг;  $C_{otj}$  – сумма отчислений на социальные нужды при производстве пряжи линейной плотности  $j$ , руб./1000 кг;  $C_{pcj}$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования при производстве пряжи линейной плотности  $j$ , руб./1000 кг;  $C_{uj}$  – общепроизводственные расходы при производстве пряжи линейной плотности  $j$ , руб./1000 кг;  $C_{fj}$  – общехозяйственные расходы при производстве пряжи линейной плотности  $j$ , руб./1000 кг;  $C_{npj}$  – прочие производственные расходы, руб./1000 кг;  $C_{bj}$  – внепроизводственные расходы, руб./1000 кг.

На рис.2 представлена схема определения себестоимости пряжи параметрическим методом, которая включает определенную последовательность этапов расчета.

Формулы определения показателей на каждом этапе расчета представлены в мето-

дике, разработанной на кафедре коммерции и сервиса РГУ им. А.Н. Косыгина. Наибольшие трудности при реализации методики представляет определение полной видовой трудоемкости пряжи. Для этого нами предложен экспресс-метод определения данного показателя, который позволяет оперативно и достаточно точно (с погрешностью 3...5%) рассчитать полную видовую трудоемкость.

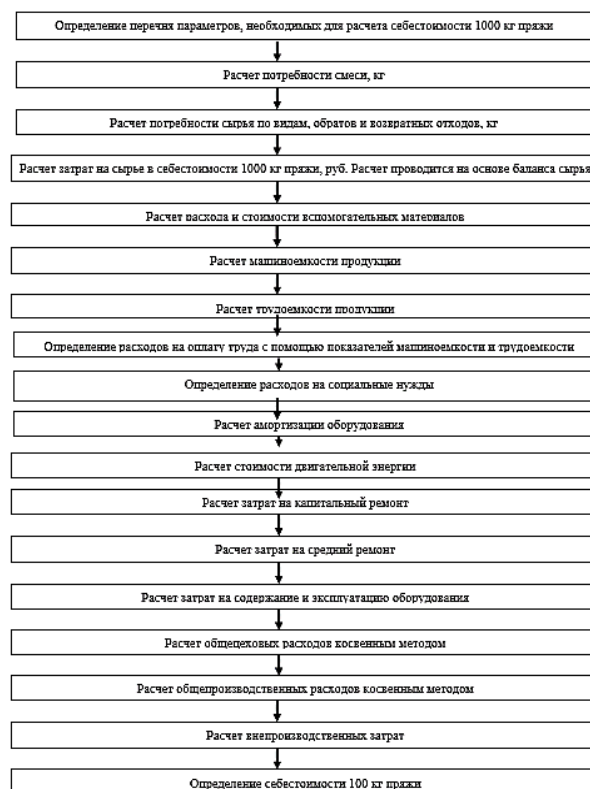


Рис. 2

Для конкретного предприятия (прядельного производства) полную трудоемкость пряжи каждой линейной плотности ( $t_{pi}^k$ ) предлагается определять по формуле:

$$t_{pi}^k = \frac{16666,7 \cdot a K_i}{n_i K_{пв_i} T_i^{1/2}} \frac{t_{pcpT}^k}{t_{pcpT}}, \quad (2)$$

где  $a$  – параметр, полученный при выводе формулы по нормативным (или проектным) данным;  $K_i$  – крутка пряжи  $i$ -й линейной плотности, кр/1 м;  $n_i$  – скорость (частота) вращения веретен (камер), мин<sup>-1</sup>;  $K_{пв_i}$  – коэффициент полезного времени прядельной машины;  $T_i$  – линейная плот-

ность пряжи, текс;  $t_{\text{срТ}}^k$  – полная трудоемкость пряжи средней по предприятию (производству) линейной плотности, чел-ч/1000кг;  $t_{\text{срТ}}$  – полная трудоемкость пряжи средней линейной плотности, рассчитанная по нормативным (проектным) данным, чел-ч/1000кг.

Формула (2) показывает зависимость полной трудоемкости пряжи от основных параметров процесса производства на конкретном предприятии, что также позволяет использовать эту формулу для проведения факторного анализа данного показателя.

Таким образом, последовательность расчета затрат при параметрическом планировании себестоимости соответствует традиционному способу калькулирования. Различие состоит в том, что при использовании параметрического метода планирования первоначально рассчитывается себестоимость пряжи каждой линейной плотности, то есть так называемая видовая калькуляция. При этом можно рассчитывать различные варианты (сценарии) затрат за счет изменения отдельных параметров производственного процесса. Помимо плановой, можно определять нормативную и потенциально достижимую себестоимость, которая может быть получена при оптимальных производственных и организационных условиях на предприятии.

## ВЫВОДЫ

С помощью параметрического метода можно планировать основные виды затрат непосредственно на конкретный вид пряжи, не прибегая к процессу их косвенного распределения. Использование параметрического метода позволяет рассчитывать затраты не только на конкретный вид продукции, но и по технологическим переходам, что важно в процессе управления затратами в условиях создания центров ответственности и бюджетирования. Предложенный метод позволяет определить количественное влияние как одного, так и нескольких параметров на себестоимость пряжи. Параметрический метод планирования дает возможность определять потенциально достижимый уровень себестоимости

пряжи (то есть минимальный размер затрат, который возможен при данном уровне техники и технологии на конкретном предприятии). Сравнение и анализ планируемой и потенциально достижимой себестоимости позволит выявить внутренние резервы производства, разработать предложения и сценарии снижения затрат на предприятии и достижения финансовых результатов деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Портнер М.* Конкурентная стратегия // Альпина Паблишер – 2020.
2. *Carl-Gustav Melén.* A Note on Factor Prices and Technical Progress. // *Technology and Investment.* – V.2, №3, 2011.
3. *Сулоева С.Б., Гулицева О.Б.* Система управления затратами: концептуальные положения // *Организатор производства.* – 2017. Т.25, № 3. С. 47...58.
4. *Глазов М.М., Черникова С.Ю.* Управление затратами: новые подходы. – СПб.: РГГМУ, 2009.
5. *Зернова Л.Е., Ильина С.И.* Методический подход к реализации проектов технического перевооружения с учетом экономической безопасности инвестиций и специфических особенностей нетканых производств, имеющих мобильный ассортимент // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2016, № 2. С. 5...9.
6. *Зернова Л.Е., Ильина С.И.* К вопросу определения зон экономической безопасности инвестиций на техническое перевооружение производств, имеющих мобильный ассортимент // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2020, № 1. С.9...12.
7. *Филатов В.В., Безпалов В.В., Мишаков В.Ю., Панасенко С.В., Рамазанов И.А., Женжебир В.Н., Бузулуцкая М.В., Володина О.А., Горелова Т.П., Дорофеев А.Ю., Зернова Л.Е., Ильина С.И., Косикова Ю.А., Крыгина И.Е., Логунова Н.Ю., Неретин А.А., Нечаев Б.П., Положенцева И.В., Сартаков М.В., Толкачева С.В. и др.* Моделирование бизнес-процессов в сфере внешнеэкономической и финансовой деятельности. – Курск, 2020.
8. *Зернова Л.Е., Абдукаххаров С.* Критерии и факторы формирования устойчивости развития предприятий / *Актуальные проблемы экономики, коммерции и сервиса* // Сб. научн. тр. кафедры коммерции и сервиса, посвященный Юбилейному году РГУ им. А.Н. Косыгина. – М., 2020. С. 55...60.
9. *Мишаков В.Ю., Кирсанова Е.А.* Особенности выбора целевого сегмента на рынке инновационных товаров и услуг // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2019, № 3. С. 32...36.
10. *Косикова Ю.А., Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Кудрявцев В.В., Положенцева И.В., Фадеев А.С.* Анализ внешнеторговой политики Российской Федерации и предложения по увеличению ее эффек-

тивности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 3. С. 5...10.

11. Mishakov V.Y., Beketova O.N., Bykov V.M., Krasnyaskaya O.V., Vitushkina M.G. Management technologies to adapt modern principles of industrial enterprise' management // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2018. Т. 9. № 4 (34). С.1377...1381.

#### REFERENCES

1. Porter M. Konkurentnaya strategiya // Al'pina Publisher – 2020.

2. Carl-Gustav Melén. A Note on Factor Prices and Technical Progress. // Technology and Investment. – V.2, №3, 2011.

3. Suloeva S.B., Gul'tseva O.B. Sistema upravleniya zatratami: kontseptual'nye polozheniya // Organizator proizvodstva. – 2017. Т.25, № 3. С. 47...58.

4. Glazov M.M., Chernikova S.Yu. Upravlenie zatratami: novye podkhody. – SPb.: RGGMU, 2009.

5. Zernova L.E., Il'ina S.I. Metodicheskiy podkhod k realizatsii proektov tekhnicheskogo perevoorzheniya s uchetom ekonomicheskoy bezopasnosti investitsiy i spetsificheskikh osobennostey netkanykh proizvodstv, imeyushchikh mobil'nyy assortiment // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, № 2. С. 5...9.

6. Zernova L.E., Il'ina S.I. K voprosu opredeleniya zon ekonomicheskoy bezopasnosti investitsiy na tekhnicheskoe perevoorzhenie proizvodstv, imeyushchikh mobil'nyy assortiment // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 1. С.9...12.

7. Filatov V.V., Bezpalov V.V., Mishakov V.Yu., Panasenko S.V., Ramazanov I.A., Zhenzhebir V.N.,

Buzulutskaya M.V., Volodina O.A., Gorelova T.P., Dorofeev A.Yu., Zernova L.E., Il'ina S.I., Kosikova Yu.A., Krygina I.E., Logunova N.Yu., Neretin A.A., Nechaev B.P., Polozhentseva I.V., Sartakov M.V., Tol'kacheva S.V. i dr. Modelirovanie biznes-protsessov v sfere vneshneekonomicheskoy i finansovoy deyatel'nosti. – Kursk, 2020.

8. Zernova L.E., Abdukakhkharov S. Kriterii i faktory formirovaniya ustoychivosti razvitiya predpriyatiy / Aktual'nye problemy ekonomiki, kommertsii i servisa // Sb. nauchn. tr. kafedry kommertsii i servisa, posvyashchenny Yubileynomu godu RGU im. A.N. Kosygina. – M., 2020. С. 55...60.

9. Mishakov V.Yu., Kirsanova E.A. Osobennosti vybora tselevogo segmenta na rynke innovatsionnykh tovarov i uslug // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 3. С. 32...36.

10. Kosikova Yu.A., Filatov V.V., Mishakov V.Yu., Kudryavtsev V.V., Polozhentseva I.V., Fadeev A.S. Analiz vneshnetorgovoy politiki Rossiyskoy Federatsii i predlozheniya po uvelicheniyu ee effektivnosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 3. С. 5...10.

11. Mishakov V.Y., Beketova O.N., Bykov V.M., Krasnyaskaya O.V., Vitushkina M.G. Management technologies to adapt modern principles of industrial enterprise' management // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2018. Т. 9. № 4 (34). С. 1377...1381.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса.  
Поступила 14.07.21.



## КАЧЕСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ШВЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### QUALITY OF ECONOMIC GROWTH OF TEXTILE AND CLOTHING INDUSTRY ENTERPRISES

*Н.Н. ПОЛЗУНОВА, Л.А. КОСТЫГОВА*

*N.N. POLZUNOVA, L.A. KOSTYGOVA*

(Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации)

(Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs,  
Moscow Aviation Institute (National Research University),  
Financial University under the Government of the Russian Federation)

E-mail: Natalya.polzunowa@yandex.ru; kostmisis@yandex.ru

*В работе рассмотрены основы обеспечения качества экономического роста предприятий текстильной и швейной промышленности. Проведена оценка качества экономического роста предприятий, на основе которой сделан вывод о низком его уровне. Сделан вывод о преобладающем влиянии экстенсивных факторов на качество экономического роста предприятий текстильной и швейной промышленности на современном этапе. Приведены принципы обеспечения качества экономического роста предприятий текстильной и швейной промышленности.*

*The paper considers the basics of ensuring the economic growth quality of enterprises in the textile and clothing industry. An assessment of the economic growth quality of enterprises was carried out, and after that the conclusion about its low level based on this assessment was made. The conclusion about the prevailing influence of extensive factors on the economic growth quality of textile and clothing industry enterprises at the present stage was made. The principles of ensuring the economic growth quality of enterprises in the textile and clothing industry are given.*

**Ключевые слова:** экономический рост, качество, предприятия, текстильная и швейная промышленность.

**Keywords:** economic growth, quality, enterprises, textile and clothing industries.

Текстильная промышленность как объект управления является частью легкой промышленности и имеет сложную структуру, включающую 9 подотраслей. Их совокупная мощность вместе со швейным производством составляет 363 млрд. руб. [1]. Динамика показателей производственной мощности отражена на рис. 1 [3...5].

Анализ представленных данных позволяет констатировать, что эффективность использования производственной мощности увеличивается, о чем свидетельствует линия коэффициента использования производственной мощности. В большей степени на рост данного показателя повлияло сжатие производственных мощностей. Макси-

мальное снижение производственной мощности наблюдалось в 2009 г. и составило 2,52 раза по отношению к 2000 г. К концу 2018 г. производственная мощность достигла 351,6 млрд. руб. и использовалась она на 65%, что превышает показатели ее использования в начале двухтысячных годов, когда они составляли 30...34%.

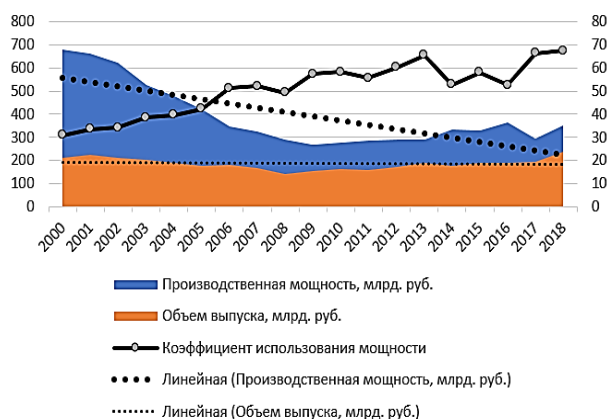


Рис 1

Повышательная тенденция также свойственна и производительности труда. Средняя производительность текстильной и швейной промышленности в текущих ценах с 2005 г. выросла в 11,44 раза и достигла в 2018 г. 3,9 млн. руб. в год. Если же анализ провести в сопоставимых ценах, то рост за этот период составит 59,6 %. При этом число организаций сократилось на 15700 и составило в 2018 г. 23700. Несмотря на достаточно сильно влияющий

инфляционный фактор, производительность труда на этих предприятиях выросла.

Однако при положительной динамике рассмотренных показателей на предприятиях текстильной и швейной промышленности одной из проблем, оказывающей влияние на их эффективное функционирование и рост стоимости бизнеса, является качество экономического роста.

Качество экономического роста – интегральное понятие, которое отражает и специфику, и целенаправленность процесса расширенного воспроизводства с точки зрения соответствия структуры и динамики производства фактическим и потенциальным общественным потребностям [9]. И по сути отражает характер протекания процессов [2].

Для оценки качества экономического роста можно использовать разные методики. Так, О. Симагина предлагает использовать индекс качества экономического роста [8]:

$$I = \frac{I_p - I_d}{I_p},$$

где  $I_p$  – индекс роста валового внутреннего продукта;  $I_d$  – дефлятор валового внутреннего продукта.

Проведем оценку качества экономического роста в текстильной промышленности, используя методику О. Симагиной, результаты которой представим в табл. 1.

Таблица 1

Период	2015	2016	2017	2018
Индекс качества экономического роста	-0,24	0,03	0,06	-0,02

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать вывод об очень низком качестве экономического роста. В отдельные периоды, а это 2015 и 2018 гг., вообще не приходится говорить о росте как таковом.

Известно, что качество экономического роста определяется эффективностью использования ресурсов [7], которая характеризуется частными показателями эффективности, а именно фондоотдачей, капиталотдачей, зарплатоотдачей, материалоотдачей. Оценим динамику изменения част-

ных показателей эффективности отечественных предприятий текстильной и швейной промышленности (рис. 2). Самой большей отдачей обладают инвестиционные средства. Меньше всего отдачу предприятия текстильной и швейной промышленности получают от вложенных средств в материалы. При этом каждый рубль, потраченный на оплату труда, позволяет получить в среднем 5,31 руб. продукции. Это второй результат по уровню отдачи после инвестиций.

Прирост валового продукта, созданного предприятиями текстильной и швейной промышленности, обеспечивается посредством действия экстенсивных и интенсивных факторов. Оценим их влияние на изменение валового продукта текстильной и швейной промышленности. В табл. 2 показано влияние факторов на изменение оборота предприятий, млн. руб.; в табл. 3 – влияние темпов изменения факторов на темп изменения оборота предприятий, %.

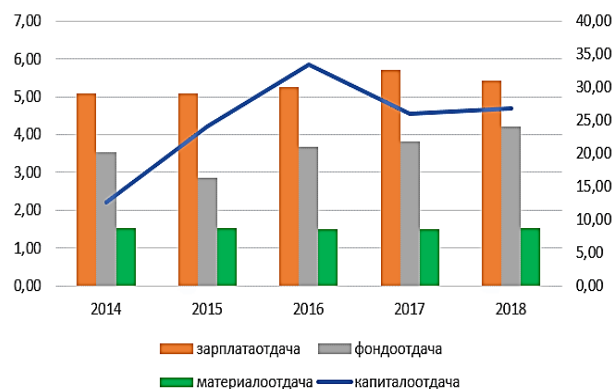


Рис 2

Т а б л и ц а 2

Год	Интенсивные факторы				Экстенсивные факторы			
	Зарплато-отдача	Капитало-отдача	Фондо-отдача	Материало-отдача	Оплата труда	Инвестиции в основной капитал	Основные фонды	Промежуточное потребление
2015	71,44673	240503,8	-49338,2	-3824,89	46876,85	-221024	68818,24	50773,19
2016	17249,77	112068,1	80471,73	-4701,58	19128,83	-43578,1	-11981,7	41080,18
2017	49633,52	-78295,2	11900	2816,002	11476,88	101653,2	11458	58294,4
2018	-33095,3	10349,86	39846,54	1643,307	44273,28	37497,14	8000,456	9534,693

Т а б л и ц а 3

Год	Интенсивные факторы				Экстенсивные факторы			
	Зарплато-отдача	Капитало-отдача	Фондо-отдача	Материало-отдача	Оплата труда	Инвестиции в основной капитал	Основные фонды	Промежуточное потребление
2015	100,02	191,10	81,31	99,18	110,05	56,19	132,06	110,98
2016	103,36	139,53	128,39	99,08	103,61	88,98	96,71	108,08
2017	109,03	77,76	103,38	100,51	101,92	137,14	103,15	110,56
2018	94,58	102,76	110,62	100,27	107,67	109,72	101,93	101,56

Понятно, что экономический рост можно признать качественным, если он обеспечивается в большей степени за счет изменения интенсивных факторов. Одним из принципов динамической сопоставимости и динамической соподчиненности предполагается сопоставление показателей хозяйственной деятельности с аналогичными данными за предыдущие годы с целью изучения тенденций улучшения или ухудшения экономического состояния объекта. Используя этот принцип, оценим качество

экономического роста посредством расчета коэффициента соответствия, который рассчитывается как коэффициент ранговой корреляции Спирмена:

$$K_C = 1 - \frac{6 \cdot \sum_1^n (P_{\Phi} - P_N)}{n(n^2 - 1)},$$

где  $P_{\Phi}$  – фактический ранг;  $P_N$  – нормативный ранг;  $n$  – количество показателей.

Результаты расчета сведем в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Период	Ресурсы			
	Оплата труда	Инвестиции в основной капитал	Основные фонды	Промежуточное потребление
2015	1	-1	-1	-1
2016	-1	1	-1	-1
2017	-1	-1	1	-1
2018	-1	1	-1	-1

Анализ данных табл. 4 позволяет сделать вывод также о низком качестве экономического роста, который в основном достигается за счет действия экстенсивных факторов. Единственным видом ресурсов, который обеспечивал рост выпуска в отрасли за счет интенсивных факторов в 2016 и 2018 гг., является капиталотдача.

## ВЫВОДЫ

В современных условиях менеджмент предприятий текстильной и швейной промышленности заинтересован в росте стоимости бизнеса [10]. А рост стоимости бизнеса обеспечивается качественным экономическим ростом.

Для обеспечения качественного экономического роста на современном этапе требуется дополнительное привлечение инвестиций и повышение уровня оплаты труда.

Процесс обеспечения качества экономического роста следует выстраивать на использовании следующих принципов: формирование стратегических приоритетов развития предприятий текстильной и швейной промышленности; задействование факторов производства на условиях пропорциональности и рациональности; стимулирование инновационной активности предприятий текстильной и швейной промышленности; создание благоприятной среды, предполагающее существование и использование результативной поддержки предприятий текстильной и швейной промышленности со стороны государственных и региональных органов власти; развитие современной институциональной среды как основы обеспечения качества экономического роста.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ важнейших структурных характеристик производственных мощностей обрабатывающей промышленности России / Под научным руководством к.э.н. В. А. Сальникова. – М.: Центр стратегических разработок, 2017.
2. Бабаев Б.Д., Дубровский С.П. Экономический рост: расширенная трактовка. Качество экономического роста// Экономика образования. – 2015, № 1. С. 33...38.
3. Деловой климат в промышленности в декабре 2017 г. – М.: НИУ ВШЭ, 2017.
4. Деловой климат в промышленности в декабре

2018 г. – М.: НИУ ВШЭ, 2019.

5. Деловой климат в промышленности в ноябре-декабре 2019 г. – М.: НИУ ВШЭ, 2020.
6. Россия в цифрах. 2020. Крат. стат. сб. / Росстат. – М., 2020.
7. Сеньков В.И., Сенькова Н.В. Качество экономического роста регионов: теоретические аспекты, критерии оценки и методология анализа// Региональная экономика: теория и практика. – 2010, № 32. С. 12...18.
8. Симагина О. Вопросы качества экономического развития // Экономист. – 2007, № 2. С. 29...37.
9. Теплов М.Н. К вопросу об оценке качества экономического роста региона// Проблемы развития территории. – 2010, № 5 (51). С. 31...40.
10. Fedotova M.A., Tazihina T.V., Kryachko V.S., Balandin V.S. Growth of the business value of textile industry companies as a basis of financial stability growth// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №5. P. 23...27.

## REFERENCES

1. Analiz vazhneyshikh strukturnykh kharakteristik proizvodstvennykh moshchnostey obrabatyvayushchey promyshlennosti Rossii / Pod nauchnym rukovodstvom k.e.n. V. A. Sal'nikova. – M.: Tsentr strategicheskikh razrabotok, 2017.
  2. Babaev B.D., Dubrovskiy S.P. Ekonomicheskii rost: rasshirennaya traktovka. Kachestvo ekonomicheskogo rosta// Ekonomika obrazovaniya. – 2015, № 1. S. 33...38.
  3. Delovoy klimat v promyshlennosti v dekabre 2017 g. – M.: NIU VShE, 2017.
  4. Delovoy klimat v promyshlennosti v dekabre 2018 g. – M.: NIU VShE, 2019.
  5. Delovoy klimat v promyshlennosti v noyabre-dekabre 2019 g. – M.: NIU VShE, 2020.
  6. Rossiya v tsifrakh. 2020. Krat. stat. sb. / Ros-stat. – M., 2020.
  7. Sen'kov V.I., Sen'kova N.V. Kachestvo ekonomicheskogo rosta regionov: teoreticheskie aspekty, kriterii otsenki i metodologiya analiza// Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. – 2010, № 32. S. 12...18.
  8. Simagina O. Voprosy kachestva ekonomicheskogo razvitiya // Ekonomist. – 2007, № 2. S. 29...37.
  9. Teplov M.N. K voprosu ob otsenke kachestva ekonomicheskogo rosta regiona// Problemy razvitiya territorii. – 2010, № 5 (51). S. 31...40.
  10. Fedotova M.A., Tazihina T.V., Kryachko V.S., Balandin V.S. Growth of the business value of textile industry companies as a basis of financial stability growth// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №5. P. 23...27.
- Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВлГУ имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 27.19.20.

## ОСОБЕННОСТИ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

### PECULIARITIES OF TEXTILE ENTERPRISES STAFF POLICY

*A.S. ЛЕВИЗОВ*

*A.S. LEVIZOV*

(Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)

(Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs)

E-mail: levizov@yandex.ru

*В исследовании определены внутренние и внешние факторы, которые оказывают влияние на формирование и реализацию кадровой политики предприятий текстильной отрасли. Обозначена отраслевая специфика кадровых ресурсов. Приведены релевантные индикаторы, которые можно использовать с целью оценки эффективности кадровой политики текстильных предприятий, и выявлен ряд ее первоочередных задач.*

*External and internal factors that influence the formation and fulfillment of textile companies staff policy are defined in the work. Specific characteristics of human resources in such companies are described. Relevant indicators that can be used to determine the efficiency of textile enterprises staff policy are given. Actual tasks of that policy are revealed.*

**Ключевые слова:** кадровый состав, кадровая политика, персонал, структура персонала.

**Keywords:** staff, staff policy, personnel, personnel structure.

Уходящий год ознаменовался масштабными вызовами всей мировой экономике и национальным экономикам всех без исключения стран. Кризисные последствия пандемии коронавируса в той или иной степени затронули все отрасли промышленности, включая текстильное производство. В то же время колоссальный рост спроса на текстильную продукцию медицинского назначения серьезно поддержал отрасль как в России, так и за рубежом. Однако проблемные явления, к сожалению, пока не оставлены позади. Опорой в их преодолении может и должен стать человеческий капитал – главный ресурс любой экономической системы, вне зависимости от ее масштабов, отраслевой или национальной принадлежности.

Кадровая политика лежит в основе конкурентных преимуществ и является средством достижения успеха в деятельности любой организации. Основной целью службы по управлению персоналом является своевременное реагирование на изменение внутренней и внешней среды компании, а также внедрение актуальных подходов к работе с сотрудниками. Кадровая политика должна содействовать реализации стратегии предприятия и не противоречить концепции ее развития [1]. Приоритеты кадровой политики формулируются исходя из возможностей компании, складывающейся ситуации на рынке, состояния экономической и культурной среды в целом.

Конечной целью кадровой политики выступает формирование сплоченного, высокопроизводительного коллектива, который бы отвечал качественным и количественным требованиям организации.

Кадровая политика включает такие базовые направления работы с человеческими ресурсами, как привлечение и подбор персонала, его развитие, аттестация кадров, стимулирование и мотивация, планирование карьеры и формирование кадрового резерва, а также многое другое. Эффективность реализации этих действий оказывает влияние на доходы предприятия, на производительность труда и увязанные с ней экономические показатели, на качество выполняемой сотрудниками работы, на имидж компании во внешней среде и ее конкурентоспособность, на уровень удовлетворенности персонала трудом и рост кадрового потенциала.

На характер приоритетов кадровой политики оказывают воздействие внешние и

внутренние факторы. Ориентиром для формирования целей и миссии организации, а также выбора тактики борьбы с конкурентами является анализ внутренней и внешней среды компании.

По итогам проведения такого анализа руководство организации получает полную информацию о возможностях предприятия, его потенциале и динамике развития, а также получает возможность выявить потенциальные угрозы, которые следует принимать во внимание при выработке стратегии развития компании [2].

Исследование внешней среды проводится на макроуровне. При этом учитывают влияние как экономики в целом, научно-технического прогресса, законодательства, природных явлений, так и влияние потребителей, поставщиков, конкурентов и других стейкхолдеров на деятельность предприятия.

Т а б л и ц а 1

Внешние факторы	Внутренние факторы
Спрос на рабочую силу	Специализация предприятия
Политическая и экономическая стабильность в стране	Масштабы производства
Изменения в федеральном, региональном и отраслевом законодательстве	Организационная структура
Социально-экономическое положение в регионе локализации производства	Цели и миссия организации
Деятельность предприятий-конкурентов	Корпоративная культура
Возможные изменения спроса на выпускаемую продукцию	Стиль управления руководителей
Внешнеторговая политика страны и регулирование импорта на текстильном рынке	Качественная и количественная характеристика кадрового состава
Задания региональных программ социально-экономического развития и занятости населения	Социально-психологический климат в коллективе
Деятельность профсоюзных организаций легкой промышленности	Уровень технической оснащенности и автоматизации рабочих мест
Подготовка специалистов профильными образовательными учреждениями	Производственные и финансовые возможности предприятия

Основным объектом анализа при исследовании внутренней среды компании выступает ее персонал, его количественные и качественные характеристики (профессиональные способности, личностные и деловые качества, способность воспринимать определенный уровень физических и психических нагрузок, мотивированность и т.д.), построение производственного процесса, корпоративная культура и пр. Базо-

вые внутренние и внешние факторы, которые оказывают воздействие на формирование и реализацию кадровой политики предприятий текстильной отрасли, представлены в табл. 1

Кадровый состав – это наиболее ценный и, в то же время, весьма специфический ресурс для любого предприятия. Этим может быть объяснена сложность (а в отдельных случаях и невозможность) отслеживания и

## ВЫВОДЫ

всеобъемлющей оценки эффективности проводимой кадровой политики или отдельных ее мероприятий. Тем не менее, можно ориентироваться на ряд базовых индикаторов, которые зачастую могут быть качественно или количественно измерены. К таковым можно отнести следующие:

- обеспеченность структурных подразделений квалифицированной рабочей силой;
- соответствие штатной, профессионально-квалификационной, социальной структуры кадров целям и задачам предприятия;
- эффективность кадрового резерва;
- показатели текучести, движения кадров;
- уровень удовлетворенности работников условиями труда и его оплаты.

С точки зрения кадровой составляющей текстильная отрасль имеет свои особенности. Наиболее многочисленная категория персонала здесь – это рабочие. Род деятельности производства, его специфика, а также исторические традиции обусловили преимущественную долю женщин в гендерной структуре персонала. В производственном коллективе для женщин характерно более ответственное отношение к работе, и, кроме того, мужчины менее склонны к монотонности труда. Укладчики, упаковщики, резчики, намотчики рулонов, счетчики – вот примеры должностей, занимаемых женщинами. Сотрудники мужского пола занимают такие позиции, как транспортировщик, механик, слесарь-ремонтник и т.д.

Преобладание женщин в структуре персонала сказывается и на ключевых показателях кадровой отчетности текстильных предприятий: коэффициентах постоянства кадрового состава, текучести кадров. Более раннее наступление пенсионного возраста у женщин влияет на средний возраст коллектива. Бесспорно, что вопросы социального развития организации приобретают здесь особую значимость. Не стоит забывать и об особом психологическом климате в женских коллективах. Это влияет на такие аспекты кадровой политики, как выстраивание организационной культуры, управление конфликтами, внедрение изменений и нововведений.

Складывающиеся тенденции в текстильной отрасли, учет влияния факторов внешней и внутренней среды предприятий позволяют обозначить ряд первоочередных задач кадровой политики. Сюда следует отнести формирование системы актуальных требований к работникам в процессе оптимизации численной, профессионально-квалификационной и должностной структуры; совершенствование форм и инструментов подбора, отбора и аттестации кадров; внедрение в кадровую работу современных цифровых технологий. Следует совершенствовать работу с управленческим резервом, повышая при этом ответственность действующих руководителей подразделений за эффективность управления человеческими ресурсами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ачкальда А.С., Припотень В.Ю. Взаимосвязь кадровой политики и кадровой стратегии предприятия в процессе реализации стратегического планирования // Экономика строительства и городского хозяйства. – 2018. Т. 14, № 3. С.179...185.

2. Родионова Е.В., Трыганова Е.В. Совершенствование кадровой политики с учетом жизненного цикла предприятия // Экономика и менеджмент инновационных технологий: научно-практический журнал. – 2016, №5 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ekonomika.snauka.ru/> 2016/05/11253. (дата обращения: 03.10.2020)

## REFERENCES

1. Achkal'da A.S., Pripoten' V.Yu. Vzaimosvyaz' kadrovoy politiki i kadrovoy strategii predpriyatiya v protsesse realizatsii strategicheskogo planirovaniya // Ekonomika stroitel'stva i gorodskogo khozyaystva. – 2018. T. 14, № 3. S.179...185.

2. Rodionova E.V., Tryganova E.V. Sovershenstvovanie kadrovoy politiki s uchetom zhiznennogo tsikla predpriyatiya // Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh tekhnologiy: nauchno-prakticheskiy zhurnal. – 2016, №5 [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://ekonomika.snauka.ru/> 2016/05/11253. (data obrashcheniya: 03.10.2020)

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга. Поступила 27.10.21.

УДК 677.017.2/.7

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_60

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОДНООСНОГО РАЗРЫВА  
СОВОКУПНОСТИ ВОЛОКОН С УЧЕТОМ ИХ СВОЙСТВ  
НА МАШИНЕ КОПРОВОГО ТИПА**

**MODELING OF SINGLE-AXIS RUPTURE PROCESS  
FIBER TOTALS WITH REGARD TO THEIR PROPERTIES  
ON A COPPER-TYPE MACHINE**

*А.В. ОРЛОВ, Е.Л. ПАШИН*

*A.V. ORLOV, E.L. PASHIN*

**(Костромской государственной университет,  
Костромская государственная сельскохозяйственная академия)**

**(Kostroma State University,  
Kostroma State Agricultural Academy)**

E-mail: aorlov@list.ru; evgpashin@yandex.ru

*Разработана программа для моделирования процесса одноосного разрыва волокна на машине копрового типа с учетом особенностей движения маятника и разрушения испытуемого волокнистого пучка. Результаты моделирования соответствуют общепризнанным закономерностям. Возникающие отклонения результатов виртуального измерения, сформированных программной системой при моделировании, от исходно заданных режимно-конструктивных параметров машины могут использоваться в качестве показателя качества ее работы при метрологической аттестации. На основании разработанного алгоритма предлагается создание аппаратно-программного комплекса, обладающего интерфейсом подключения, идентичным с используемым на разрывной машине датчиком угла поворота маятника.*

*A program has been developed to simulate the process of uniaxial fiber fracturing on a coper type machine, taking into account the features of the movement of the pendulum and the destruction of the tested fibrous bundle. The results of the simulation correspond to generally accepted patterns. The resulting deviations of the results of the virtual measurement generated by the software system during modeling from the initially set mode-design parameters of the machine can be used as an indicator of the quality of its work during metrological certification. Based on the developed algorithm, it is proposed to create a hardware-software complex having a connection interface identical to that used on the bursting machine with a pendulum rotation angle sensor.*



**Ключевые слова:** разрывная машина, копер, маятник, моделирование, симуляция, волокно, модель пучка, свойства, разрыв.

**Keywords:** explosive car, poppet, pendulum, modeling, simulation, fiber, model of a bunch, property, gap.

Известны преимущества динамических испытаний текстильных волокон и нитей [1], [2], обеспечивающих сходство с их реальным нагружением в процессе переработки [3]. Для реализации таких условий при одноосном разрыве разработана разрывная машина копрового типа [4], используемая под названием К-1 в целях стандартизации льняного волокна [5]. Она представляет собой программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий косвенное определение разрывного усилия волокон. В основу такого определения положена фиксация и последующая обработка показаний датчика угловых перемещений ЛИР-158Б, представляющего собой относительный инкрементальный энкодер [8].

Однако для эффективного ее использования на практике требуется обеспечить единство условий испытания и поверки основных параметров процесса разрыва, элементов конструкции машины и программной компоненты системы.

В связи с неустранимым и случайным влиянием неоднородности свойств анализируемых волокон создать эталонный образец с заранее известными свойствами оказывается невозможным. Поэтому предложено моделировать свойства анализируемого волокна и процесс испытания с последующим использованием полученных результатов при метрологической аттестации. Для достижения этого требуется решение задач, направленных на:

- определение сил, действующих на маятник копровой машины, и их зависимостей от его положения и скорости движения, создание физической модели движения маятника;
- установление формы сигнала и его свойств, вызванных конструктивными особенностями энкодера;
- разработку алгоритма, позволяющего моделировать процесс испытания, включая движение маятника и разрушение

испытуемого материала, и его реализацию в виде отдельной программной системы;

- создание программно-аппаратного комплекса, обладающего идентичным с используемым на машине энкодером интерфейсом подключения, и реализующего вышеуказанный алгоритм.

Среди сил, действующих на основной элемент конструкции машины маятник, можно в первом приближении идентифицировать силу тяжести и силу сопротивления образца. Используя известное уравнение динамики вращательного тела, можно выразить это следующим образом:

$$I\ddot{\varphi} = M_T + M_{обр} + M_T, \quad (1)$$

где  $M_T$  – момент силы тяжести;  $M_{обр}$  – момент силы сопротивления образца;  $M_{сопр}$  – момент иных сил сопротивления;  $I$  – момент инерции маятника;  $\ddot{\varphi}$  – угловое ускорение маятника.

Предварительная оценка доли влияния величины  $M_{сопр}$  выявила, что в общей сумме моментов, указанных в выражении (1), она составляет не более 3...4%. Это позволяет при последующих расчетах пренебрегать этой составляющей.

Тогда соответствующие моменты сил выражаются через известные характеристики маятника:

$$\begin{aligned} M_T &= -mg \sin \varphi_T, \\ M_{обр} &= F_{обр}(\varphi, \dot{\varphi})r_{обр}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $m$  – масса маятника;  $r_T$  – расстояние от точки подвеса до центра масс маятника;  $r_{обр}$  – расстояние от точки подвеса до точки крепления образца;  $F_{обр}$  – сила сопротивления образца;  $\varphi$ ,  $\dot{\varphi}$  – угловая координата и скорость маятника. Здесь и далее считается, что начало отсчета угловой координаты соответствует нижней точке траектории маятника, который движется в направлении возрастания угловой координаты. Деформация

и нагружение волокна начинается по прохождении маятником указанной низшей точки.

Подставив выражения (2) в уравнение движения (1), получаем итеративную формулу для определения углового ускорения маятника:

$$\ddot{\varphi}_i = \frac{F_{\text{обр}}(\varphi_{i-1}, \dot{\varphi}_{i-1})r_{\text{обр}} - mgr_T \sin \varphi_{i-1}}{I}. \quad (3)$$

Однако, как и большинство итеративных симуляций, данный подход требует выбора значения временного шага симуляции  $\Delta t$ . Эта задача осложняется особенностями конструкции энкодера ЛИР-158Б. Он выдает сигнал (выраженный в виде смены напряжения на одном из двух каналов) в ответ на поворот вала датчика с закрепленным маятником на определенный минимальный угол  $\Delta\varphi$ . Величина этого угла определяется количеством делений на лимбе энкодера. Как следствие, при вращении вала с переменной угловой скоростью сигналы посылаются неравномерно во времени, но равномерно относительно значения угловой координаты. Это означает, что для полноценной симуляции работы датчика угловых перемещений потребуется вычислять временной интервал  $\Delta t_i$ , по истечении которого вал маятника повернется на угол  $\Delta\varphi$  относительно предыдущей позиции. Поскольку энкодер ЛИР-158Б выдает 10000 импульсов на один оборот вала [8], можно принять допущение о том, что действующие силы и, как следствие, угловое ускорение маятника разрывной машины за этот интервал времени изменятся незначительно. Тогда для расчета интервала времени  $\Delta t$  можно прибегнуть к использованию закона равноускоренного движения:

$$\frac{\ddot{\varphi}_t \Delta t^2}{2} + \dot{\varphi} \Delta t - \Delta\varphi = 0. \quad (4)$$

В случае если (4) имеет корни, то наименьший положительный из них будет искомым значением  $\Delta t_i$ . Если таких корней нет, то маятник находится в высшей точке траектории, и для определения очередного временного шага  $\Delta t_i$  следует изменить знак

перед  $\Delta\varphi$ , что будет означать смену направления движения маятника.

Найдя величину  $\Delta t_i$ , согласно (4), и вычислив мгновенное значение  $\ddot{\varphi}_t$  согласно (3), можно найти мгновенные значения угловой скорости  $\dot{\varphi}_t$  и угловой координаты  $\varphi_t$ :

$$\dot{\varphi}_t = \dot{\varphi}_{t-1} + \ddot{\varphi}_t \Delta t_i, \quad (5)$$

$$\varphi_t = \varphi_{t-1} + \dot{\varphi}_t \Delta t_i.$$

Заметим, что угол зарядки маятника  $\varphi_0$  и начальная угловая скорость  $\dot{\varphi}_0 = 0$  являются известными величинами. Формулы (3)...(5) позволяют определить следующее состояние маятника, зная его предыдущее состояние.

Однако для этого необходимо знать закон изменения силы сопротивления образца  $F_{\text{обр}}$  в зависимости от значения угловой координаты и скорости маятника. Для выявления такого закона представим испытываемый образец в виде совокупности большого ( $N \gg 100$ ) количества однотипных механических систем, имитирующих поведение индивидуальных волокнистых комплексов (рис. 1-а), из которых состоит испытываемый образец при их одноосевом разрыве. Каждый из таких комплексов можно представить в виде механической модели согласно [9] в виде соединенных параллельно упругого тела А и демпфера В (рис. 1-б).

На рис. 1 представлены схемы механических систем, имитирующих процесс разрыва волокна.

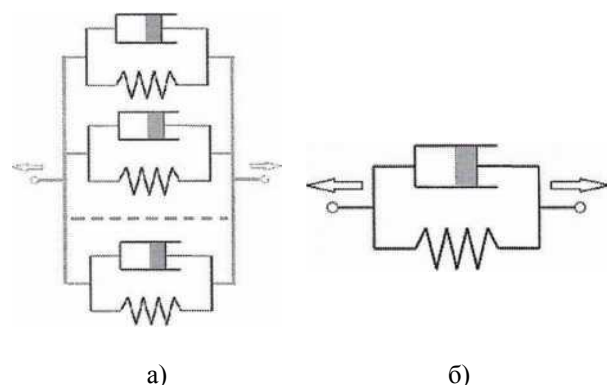


Рис. 1

Упругий элемент оказывает сопротивление пропорционально величине деформации  $\varphi_{обр}$ , тогда как демпфер оказывает сопротивление пропорционально квадрату скорости деформации  $\dot{\varphi}_{обр}$ .

Для более точной имитации поведения волокна при разрыве следует учесть еще два обстоятельства. Во-первых, отдельные волокна могут быть натянуты неравномерно. Это можно описать как некую "слабину"  $\Delta x_{слаб}$ , вычитаемую из величины деформации  $\Delta x$ . Если результирующая раз-

$$F_i(\varphi, \dot{\varphi}) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \\ A_i(\varphi_{обр} - \Delta x_{слаб}) + B_i(\dot{\varphi}_{обр})^2, \\ 0, \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \text{если } \varphi_{обр} \leq \Delta x_{слаб}, \\ \text{если } \Delta x_{слаб} < \varphi_{обр} \leq \Delta x_{крит} + \Delta x_{слаб}, \\ \text{если } \varphi_{обр} > \Delta x_{крит} + \Delta x_{слаб}, \end{array} \right\} \quad (6)$$

где  $A_i$  – коэффициент пропорциональности для упругой составляющей  $i$ -го волокна;  $B_i$  – коэффициент пропорциональности для демпфирующей составляющей  $i$ -го волокна.

Таким образом, общая сила сопротивления  $F_{обр}$  волокон, состоящего из  $N$  отдельных волокон, будет определена как сумма сил  $F_i$ , то есть  $F_{обр}(\varphi, \dot{\varphi}) = \sum_{i=1}^N F_i(\varphi, \dot{\varphi})$ . Величины коэффициентов пропорциональности  $A_i$  и  $B_i$ , используемые в (6), должны быть

окажется нулевой или отрицательной, можно считать что данное волокно не оказывает сопротивления. Во-вторых, каждое волокно имеет предельную величину деформации  $\Delta x_{крит}$ , после которой происходит его разрушение. После этого разрушенное волокно не будет вносить вклад в совокупное сопротивление растяжению.

Таким образом, величину силы сопротивления отдельного волокна  $F_i$  можно описать следующей системой закономерностей:

распределены согласно случайному закону (например, нормальному) относительно выбранного среднего значения. Это позволяет имитировать неоднородность свойств отдельных волокон. Величина  $N$  должна быть выбрана исходя из характерного количества волокон в испытуемом образце.

На основе выражений (3)...(6) был разработан алгоритм расчета и на его основе программа для ЭВМ, симулирующие процесс разрыва совокупности волокон (в пучке) с заданными свойствами на предложенной разрывной машине копрового типа.

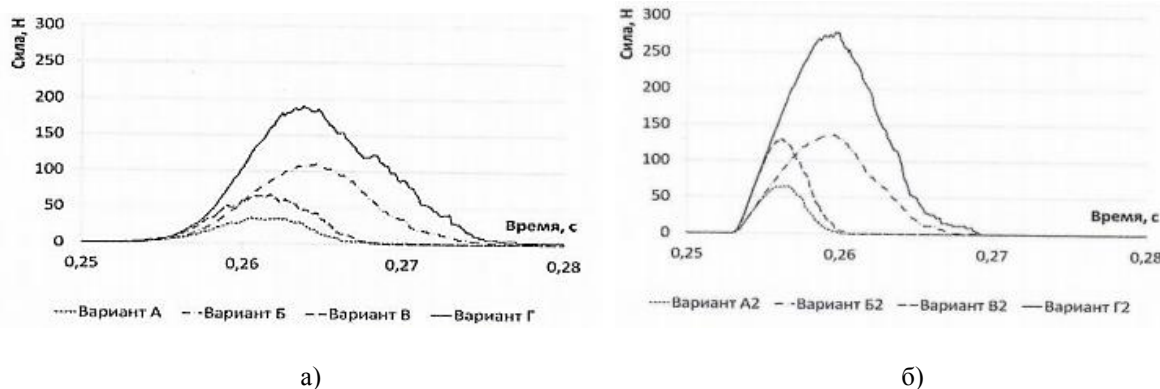


Рис. 2

Примерные результаты симуляции проиллюстрированы на рис. 2 (изменение разрывного усилия моделируемого волокнистого пучка при значительном (а) и незначительном (б) отличиях в натяжении отдельных волокон). Графики получены при

следующих параметрах маятника: масса,  $m = 2,78$  кг; момент инерции,  $I = 0,105$  кг·м<sup>2</sup>; расстояние от оси вращения маятника до центра тяжести,  $r_n = 0,175$  м; расстояние от оси вращения маятника до зажима волокна  $r_{обр} = 0,058$  м;  $\varphi_0 = 62^\circ$ ;  $\Delta\varphi = 0,036^\circ$ . Харак-

теристиками волокнистого образца подчиняются закону нормального распределения. Количество волокон в пучке  $N = 300$  шт, коэффициент пропорциональности  $B_i$  имеет математическое ожидание (МО)  $\mu_b = 0,1$

$\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$  и среднее квадратическое отклонение (СКО)  $\sigma_b = 0,01 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ . Значения остальных параметров приведены в табл. 1 (значения и параметры свойств и условий разрыва моделируемого волокна).

Т а б л и ц а 1

Параметры и характеристики волокна	Значения параметров и характеристик по вариантам модельных опытов							
	А	Б	В	Г	А2	Б2	В2	Г2
$\mu_A$ – МО коэффициента А, Н/м	250	250	500	500	250	250	500	500
$\sigma_A$ – СКО коэффициента А, Н/м	50	50	100	100	50	50	100	100
$\mu_{\text{крит}}$ – МО крит. деформации, мм	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0
$\sigma_{\text{крит}}$ – СКО крит. деформации, мм	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
$\mu_{\text{слаб}}$ – МО слабины, мм	3	3	3	3	1	1	1	1
$\sigma_{\text{слаб}}$ – СКО слабины, мм	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1

Из анализа графических зависимостей следует соответствие характера изменения сил натяжения и разрывных усилий общепринятым закономерностям [8], [9], что обеспечивает возможность использования предложенного варианта симуляции.

Одним из возможных способов использования данной системы эмуляции для проверки программной компоненты является включение эмулятора вместо фактического энкодера, используемого измерительной системой, как показано на рис. 3 (схема передачи данных в системе измерения при нормальной работе (а) и в режиме проверки (б)).

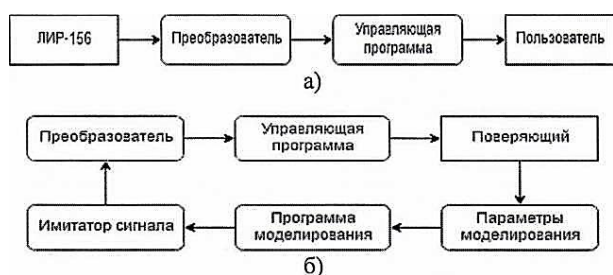


Рис. 3

Свойства сигнала, имитирующего работу датчика, будут определяться характеристиками виртуального "материала", которые гипотетически могут задаваться с достаточной степенью точности. Величина отклонения результатов измерения, продемонстрированных системой, от исходно заданных режимно-конструктивных параметров будет служить показателем качества работы программных компонент системы и

элементов конструкции машины. Значительное отклонение может являться признаком, исключающим единство условий испытания, например, при аттестации машины.

## В Ы В О Д Ы

1. Для обеспечения единства условий испытания и проверки основных параметров процесса разрыва волокон на разрывной машине копрового типа предложено моделировать свойства анализируемого волокна и процесс испытания с последующим использованием полученных результатов при метрологической аттестации.

2. После определения сил, действующих на маятник копровой машины, и установления зависимости скорости движения от его положения была найдена итеративная формула для определения углового ускорения маятника в данный момент времени. Это обеспечило разработку алгоритма расчета мгновенного значения угловой скорости и угловой координаты.

3. Используя при симуляции процесса разрыва пучка волокон известную механическую модель в виде совокупности параллельно связанных упругих и демпфирующих звеньев, разработана программа для имитации разрыва с учетом свойств и наличия ненапрянутых волокон в пучке. Результаты моделирования процесса разрыва оказались соответствующими общепринятым закономерностям.

4. Возникающие отклонения результатов виртуального измерения, продемонстрированных системой, от исходно заданных режимно-конструктивных параметров могут использоваться в качестве показателя качества работы программных компонент системы и элементов конструкции разрывной машины при ее аттестации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшова Н.И., Кудряшов Б.А. Высокоскоростное растяжение текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1974.
2. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985.
3. Банакова Н.В., Крутикова В.Р. Анализ параметров технологических процессов приготовительного, ткацкого и трикотажного производств по тензограммам нити // Изв. вузов. Технологическая текстильной промышленности. – 2015, № 5. С.100...105.
4. Орлов А.В., Пашин Е.Л. Принципы функционирования новой инструментальной системы контроля разрывных характеристик волокон и нитей // Мат. Междунар. научн. конф.: "Инновации–2018". – М.: РТУ имени А.Н. Косыгина, 2018. С. 51...55.
5. ГОСТ 9394-76. Волокно льняное короткое. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3, 4, 5. Последнее изменение 12.09.2018). – М.: Изд-во стандартов, 1987.
6. <https://skbis.ru/catalog/rotary/incremental-rotary-encoders/lir-158>.
7. Мартон В. Е., Херл Д.В.С. Механические свойства текстильных материалов. Манчестер-Лондон, (перевод с англ.). – М.: Легкая индустрия, 1971.
8. Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е. Компьютерное моделирование в задачах исследования текстильных материалов и производств. – М.: Тисо Принт, 2014.
9. Назаренко Е.В., Рыклин Д.Б., Соколов С.В. Имитационное моделирование процесса растяжения

и разрыва пучка волокон // Вестник Витебского ГТУ. – 2014, № 2, С. 62...69.

#### REFERENCES

1. Kudryashova N.I., Kudryashov B.A. Vysokoskorostnoe rastyazhenie tekstil'nykh materialov. – M.: Legkaya industriya, 1974.
2. Perepelkin K.E. Struktura i svoystva volokon. – M.: Khimiya, 1985.
3. Banakova N.V., Krutikova V.R. Analiz parametrov tekhnologicheskikh protsessov prigotovitel'nogo, tkatskogo i trikotazhnogo proizvodstv po tenzogrammam niti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 5. S.100...105.
4. Orlov A.V., Pashin E.L. Printsipy funktsionirovaniya novoy instrumental'noy sistemy kontrolya razryvnykh kharakteristik volokon i nitey // Mat. Mezhdunar. nauchn. konf.: "Innovatsii–2018". – M.: RTU imeni A.N. Kosygina, 2018. S. 51...55.
5. GOST 9394-76. Volokno l'nyanoe korotkoe. Tekhnicheskie usloviya (s Izmeneniyami № 1, 2, 3, 4, 5. Poslednee izmenenie 12.09.2018). – M.: Izd-vo standartov, 1987.
6. <https://skbis.ru/catalog/rotary/incremental-rotary-encoders/lir-158>.
7. Marton V. E., Kherl D.V.S. Mekhanicheskie svoystva tekstil'nykh materialov. Manchester-London, (perevod s angl.). – M.: Legkaya industriya, 1971.
8. Sevost'yanov P.A., Zabrodin D.A., Dasyuk P.E. Komp'yuternoe modelirovanie v zadachakh issledovaniya tekstil'nykh materialov i proizvodstv. – M.: Tiso Print, 2014.
9. Nazarenko E.V., Ryklin D.B., Sokolov S.V. Imitatsionnoe modelirovanie protsessa rastyazheniya i razryva puchka volokon // Vestnik Vitebskogo GTU. – 2014, № 2, S. 62...69.

Рекомендована кафедрой технических систем в АПК Костромской ГСХА. Поступила 31.05.21.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ТКАНЕЙ С ВЛОЖЕНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

### RESEARCH OF ELECTROSTATIC FIELD STRENGTH OF FABRIC WITH THE ATTACHMENT OF SYNTHETIC FIBERS

Г. Г. ЛУТФУЛЛИНА, Ю. Б. МИРОЛЮБОВ, А. А. ФАТХУТДИНОВА

G. G. LUTFULLINA, YU. B. MIROLYUBOV, A. A. FATKHUTDINOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technology University)

E-mail: gulnaz777@bk.ru; mirolubovurij838@gmail.com; almirafathutdinova@yandex.ru

*Проведены исследования напряженности электростатического поля (E) тканей с вложением синтетических волокон: полушерстяная и плательно-костюмная из смеси синтетического волокна с вискозным. Общая E тканей являлась разностью между напряженностью электростатического поля тканей с физическим воздействием и без него. Обнаружено, что ткани, не обработанные антистатическим препаратом, имеют наибольшую напряженность электростатического поля: 13,4 кВ/м (для ткани полушерстяной), 8,7 кВ/м (для ткани из смеси синтетического волокна с вискозным). У тканей, обработанных антистатическим препаратом, наименьшая общая E равна: 0,1 кВ/м (ткань полушерстяная), 0,1 кВ/м (ткань из смеси синтетического волокна с вискозным). На основе полученных результатов и расчета их средних значений построены диаграммы. Предложен состав, включающий неонол АФ 9-12, Elotant, спирт изопропиловый, глицерин, ингибитор коррозии (состав №3), использование которого позволяет добиться наилучших результатов по приданию тканям антистатических свойств.*

*Investigations of the intensity of the electrostatic field (E) of fabrics with the attachment of synthetic fibers were carried out: half-woolen and dress-suit from a mixture of synthetic fiber with viscose. The total E of tissues was the difference between the intensity of the electrostatic field of tissues with and without physical impact. It was found that fabrics not treated with an antistatic agent have the highest electrostatic field strength: 13.4 kV / m (for half-woolen fabric), 8.7 kV / m (for fabric made from a mixture of synthetic fiber with viscose fiber). For fabrics treated with an antistatic agent, the smallest total E is: 0.1 kV / m (half-woolen fabric), 0.1 kV / m (fabric made from a mixture of synthetic fiber and viscose). Diagrams were built on the basis of the results obtained and the calculation of their average values. The composition, including Neonol AF 9-12, Elotant, isopropyl alcohol, glycerin, corrosion inhibitor (composition № 3), the usage of which allows you to achieve the best results in imparting antistatic properties to fabrics was proposed.*

**Ключевые слова:** напряженность электростатического поля, ткани с вложением синтетических волокон, поверхностно-активное вещество (ПАВ).

**Keywords: electrostatic field strength, fabrics with the attachment of synthetic fibers, surfactant.**

В настоящее время потребители все чаще сталкиваются с проблемой электризуемости тканей. Наличие статического электричества на текстильных материалах возможно в процессе производства, изготовления, эксплуатации швейных изделий.

Согласно ГОСТ 12.1.018–93 статическое электричество – совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением, релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков, или на изолированных проводниках.

Одним из способов снижения, ликвидации статического напряжения является использование антистатиков, в составе которых есть поверхностно-активное вещество (ПАВ) катионного (кПАВ), неионогенного (нПАВ), анионного (аПАВ) типа.

ПАВ - вещества дифильного характера, способные адсорбироваться на поверхнос-

ти раздела двух фаз и вследствие этого снижающие поверхностное натяжение. ПАВ используются в различных отраслях промышленности самостоятельно, а также в эмульгирующих, обезжиривающих, диспергирующих, антистатических составах [1], [2].

Целью работы является сравнительная оценка электростатической напряженности на обработанных и не обработанных антистатическими препаратами тканях с вложением синтетических волокон.

В качестве объектов исследования выбраны ткани с вложением синтетических волокон: полушерстяная, плательно - костюмная из смеси синтетического волокна с вискозным. В табл.1 представлены структуры текстильных нитей, используемых в тканях, и поверхностная плотность материала.

Т а б л и ц а 1

Вид ткани	Структура текстильных нитей	Поверхностная плотность г/см <sup>2</sup>
Ткань с вложением синтетических волокон полушерстяная	60 % шерсть 40 % лавсан (полиэфир)	1,33...1,45
Ткань с вложением синтетических волокон плательно-костюмная из смеси синтетического волокна с вискозным	80 % вискоза 20 % полиэстер	1,50...1,56

В составы для обработки тканей (табл. 2) входили ПАВ: кПАВ (Elotant), кПАВ (ОЛТА), нПАВ (Неонол АФ 9-12). Рецепт составов базировалась на основе составов, представленных в патенте [3].

Следует отметить, что кПАВ ОЛТА получен в условиях лаборатории кафедры плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов Казанского национального исследовательского технологического университета. ОЛТА является продуктом конденсации олеиновой кислоты с триэтаноломином [4].

Исследования проводили с помощью прибора СТ-01, который пред-назначен для измерения напряженности и потенциала

электростатического поля. Конечной целью являлся расчет общего показателя напряженности электростатического поля тканей ( $E$ ), который определялся по формуле:

$$E = E_v - E_{\text{п}}, \text{ кВ/м}, \quad (1)$$

где  $E_v$  – значение напряженности электростатического поля после воздействия на образец;  $E_{\text{п}}$  – значение напряженности электростатического поля в покое.

В табл. 2 представлены составы антистатических препаратов. В качестве контрольного являлся опыт без использования антистатиков. Как видно из табл. 2, в пер-



вых исследованиях в составе антистатического вещества кроме нПАВ и кПАВ использовались: глицерин, спирт изопропиловый, ингибитор коррозии. Результаты

первых экспериментов напряженности электростатического поля, отображены в табл. 3 и на рис. 1.

Таблица 2

Препараты	Составы для обработки, г					
	К	1	2	3	4	5
нПАВ (Неонол АФ 9-12)	-	-	3	3	3	-
кПАВ (Elotant)	-	3	-	3	-	-
кПАВ (ОЛТА)	-	-	-	-	3	3
Спирт изопропиловый	-	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Ингибитор коррозии	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Глицерин	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Таблица 3

Состав	Е <sub>В</sub> , кВ/м	Е <sub>П</sub> , кВ/м	Е, кВ/м	Е <sub>В</sub> , кВ/м	Е <sub>П</sub> , кВ/м	Е, кВ/м
	Ткань полушерстяная			Ткань платьельно-костюмная из смеси синтетического волокна с вискозным		
К	12,1	0,7	11,4	7,7	0,5	7,2
1	0,7	0,4	0,3	0,4	0,3	0,1
2	0,6	0,2	0,4	1,0	0,4	0,6
3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1
4	1,2	0,3	0,9	5,8	4,8	1,0
5	5,2	2,2	3,0	7,9	3,2	4,7

Из рис. 1 (результаты определения Е, кВ/м (первая серия опытов)) видно, что ткани, не обработанные антистатическими препаратами (К), имеют наибольшее значение напряженности электростатического поля: Е для полушерстяной ткани равна 11,4 кВ/м, для ткани из смеси синтетического волокна с вискозным 7,2 кВ/м. Ткани, обработанные антистатиками, имеют тенденцию снижения статического напряжения. Так, наименьшим показателем для полушерстяной ткани является результат 0,1 кВ/м, а для ткани из смеси синтетического волокна с вискозным 0,1 кВ/м. Представленные наилучшие показатели наблюдаются при использовании составов 1 и 3 (табл. 2). Добавление синтезированного кПАВ ОЛТА в составы также способствует снижению оцениваемого показателя.

Далее эксперименты продолжились и в составы добавили компонент – спирт этиловый (табл. 4). Результаты эксперимента отображены в табл. 5 и на рис. 2 (результаты определения Е, кВ/м (вторая серия опытов)).

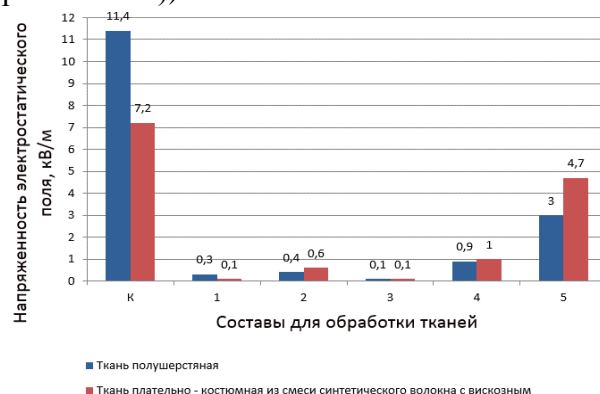


Рис. 1

Таблица 4

Препараты	Составы для обработки, г				
	6	7	8	9	10
нПАВ (Неонол АФ 9-12)	-	3	3	-	3
кПАВ(Elotant)	3	-	3	-	-
кПАВ (ОЛТА)	-	-	-	3	3
Спирт изопропиловый	-	7,3	7,3	7,3	7,3
Спирт этиловый	10	-	10	10	10
Ингибитор коррозии	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Глицерин	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4



Состав	Е <sub>В</sub> , кВ/м	Е <sub>П</sub> , кВ/м	Е, кВ/м	Е <sub>В</sub> , кВ/м	Е <sub>П</sub> , кВ/м	Е, кВ/м
	Ткань полушерстяная			Ткань плательно-костюмная из смеси синтетического волокна с вискозным		
6	1,9	0,2	1,7	0,6	0,1	0,5
7	1,4	0,1	1,2	0,4	0,1	0,3
8	1,0	0,5	0,5	0,2	0,1	0,1
9	2,4	0,5	1,9	1,1	0,3	0,8
10	4,3	1,4	2,9	5,1	0,5	4,6

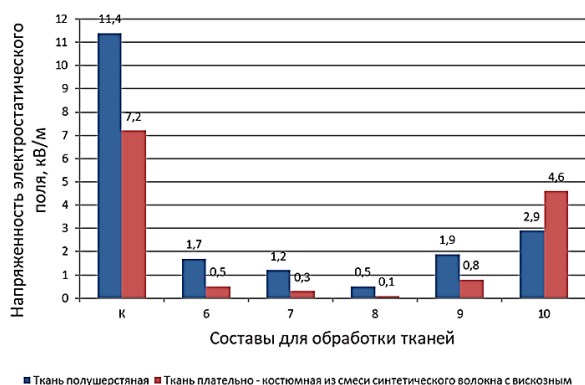


Рис. 2

Как и в первых экспериментах, наибольшее значение напряженности электростатического поля имеют образцы, не обработанные антистатическим веществом. Наименьшее значение  $E$  обработанных тканей изменилось в сторону незначительного повышения: 0,5 кВ/м для ткани полушерстяной, 0,1 кВ/м для ткани плательно-костюмной из смеси синтетического волокна с вискозным. Наилучшим признан состав 8. Далее следует состав 7.

Таким образом, наибольший вклад в уменьшение исследуемого показателя вносит присутствие в составах нПАВ неонол АФ 9-12, кПАВ (Elotant) и изопропилового спирта. Добавление этилового спирта и кПАВ ОЛТА в состав 9 незначительно, а в состав 10 значительно отличает  $E$  в худшую сторону. При этом, согласно требованию Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 017/2011 "О безопасности продукции легкой промышленности по напряженности электростатического поля для тканей", напряженность электростатического поля на поверхности изделия должна быть не более 15,0 кВ/м. Этому значению соответствуют все оцениваемые ткани после обработки. Однако не следует исключать тот факт, что при эксплуатации

изделий определяемый показатель увеличивается. Это, как отмечалось ранее, создает ряд неудобств потребителю.

## ВЫВОДЫ

Наименьшими показателями напряженности электростатического поля обладают ткани, обработанные антистатическими веществами, имеющими в своем составе в основном ПАВ катионного типа Elotant. При взаимодействии ПАВ различной природы (нПАВ и кПАВ) наблюдается резкое понижение статического напряжения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лутфуллина Г.Г., Гусева К.С., Мартынова К.Е. Влияние концентрации растворов моющих составов на их пенообразующую способность //Вестник Казанского технологического университета. – 2014. Т. 17, № 7. С. 86...87.
2. Lutfullina, G.G., Abdullin I.S., Bujanova A.G. Study of surface active characteristics of developed detergent for fur treatment // Tenside, Surfactants, Detergents. – V. 50. № 2, 2013. P. 90...92.
3. Пат. № 2190712 Российская Федерация, МПК D06M 13/148, МПК D06M 13/165, МПК D06M 13/463. Средство для антистатической обработки текстильных изделий/ Александров А.Б., Караулов Е.И., Кармацкий Н.П., Игнатюк Г.И., Мирошниченко С.И.; заявитель и правообладатель ОАО "Арнест" - Заявл. 16.01.2001. Опубл. 10.10.2002.
4. Островская, А.В., Абдуллин И.Ш., Лутфуллина Г.Г., Безчервтная И.В., Тихонова В.П., Николаева Р.К. Обезжиривающие составы на основе отходов производства олеиновой кислоты //Кожевенно-обувная промышленность. – 2000, № 5. С. 43...45.

## REFERENCES

1. Lutfullina G.G., Guseva K.S., Martynova K.E. Vliyanie kontsentratsii rastvorov moyushchikh sostavov na ikh penoobrazuyushchuyu sposobnost' //Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. T. 17, № 7. S. 86...87.

2. Lutfullina, G.G., Abdullin I.S., Bujanova A.G. Study of surface active characteristics of developed detergent for fur treatment // Tenside, Surfactants, Detergents. – V. 50. № 2, 2013. P. 90...92.

3. Pat. № 2190712 Rossiyskaya Federatsiya, MPK D06M 13/148, MPK D06M 13/165, MPK D06M 13/463. Sredstvo dlya antistaticheskoy obrabotki tekstil'nykh izdeliy/ Aleksandrov A.B., Karaulov E.I., Karmatskiy N.P., Ignatyuk G.I., Miroshnichenko S.I.; zayavitel' i pravoobladatel' OAO "Arnest" - Zayavl. 16.01.2001. Opubl. 10.10.2002.

4. Ostrovskaya, A.V., Abdullin I.Sh., Lutfullina G.G., Bezchvertnaya I.V., Tikhonova V.P., Nikolaeva R.K. Obezshirivayushchie sostavy na osnove otkhodov proizvodstva oleinoy kisloty //Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'. – 2000, № 5. S. 43...45.

Рекомендована кафедрой плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов. Поступила 18.06.21.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_70

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС СТАРЕНИЯ ТКАНИ ИЗ НИТЕЙ АРСЕЛОН**

### **THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE AGING PROCESS OF FABRIC FROM ARCELON**

*В.И. БЕСШАПОШНИКОВА, М.В. ЗАГОРУЙКО, Т.С. ЛЕБЕДЕВА, Т.В. МЕРЗЛИКИНА*

*V.I. BESSHAPOSHNIKOVA, M.V. ZAGORUIKO, T.S. LEBEDEVA, T.V. MERZLIKINA*

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

**Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина)**

**(Russian State University named after A. N. Kosygin (Technologies. Design. Art),  
Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin)**

E-mail: vibesvi@yandex.ru

*В работе определены температурные условия безопасной эксплуатации ткани Термаль из нитей арселон. Установлена зависимость прочности от воздействия высокой температурой в течение 100 часов, которая позволяет прогнозировать термическое старение тканей из нитей арселон другой структуры и поверхностной плотности.*

*The work defines the temperature conditions for the safe usage of the Thermal fabric from Arselon threads. The dependence of strength on exposure to high temperatures for 100 hours has been established, which allows predicting thermal aging of tissues from Arselon threads of a different structure and surface density.*

**Ключевые слова:** ткани, термостойкость, термическое старение, свойства, прогнозирование.

**Keyword:** fabrics, heat resistance, thermal aging, properties, prediction.

Защита человека от опасных факторов производства является первостепенной задачей. Для производства высококачественной защитной одежды широко применяют

материалы из термостойких волокон, которые используются как в чистом виде, так и в смеси с другими волокнами. Однако анализ литературных данных позволил вы-

явить [1...6], что исследование свойств в основном проводится на нитях и волокнах, и отсутствуют данные по текстильным полотнам. Тем не менее, структура ткани оказывает влияние на показатели свойств и имеет важное значение для рационального конфекционирования материалов в пакет спецодежды. Поэтому исследование термических превращений, процесса термостарения, а также структуры и свойств тканей из нитей арселон является актуальной проблемой.

В качестве объекта исследования выбрана ткань Термаль из термостойких нитей арселон, полотняного переплетения, поверхностной плотности 240 г/м<sup>2</sup>. Ткань с масло-, водоотталкивающей отделкой. Результаты исследований показали, что ткань характеризуется высокой огнестойкостью – не горит, не тлеет, не плавится, кислородный индекс – 30 % об. Ткань характеризуется высокой прочностью (разрывная нагрузка 186 кгс по основе и 113 кгс по утку) и гигроскопичностью – 8,5%, безусадочная – усадка менее 0,3/0,5%.

Одним из основных критериев термостойкости полимерных материалов является температура, при которой полимер сохраняет более 50% прочности при заданной температуре, например 200°C и выше, в течение 100 ч. Термостойкость оценивали методами: дифференциального термогравиметрического анализа (ДТГ), дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термомеханического анализа (ТМА). ДТГ проводили на дериватографе Q-1500 системы Паулик-Паулик-Эрдей в среде воздуха и азота, со скоростью нагрева 10 град/мин. Исследование теплофизических процессов осуществляли на калориметре ДСК-2М в атмосфере воздуха и азота. Процесс термостарения ткани Термаль осуществляли в термостате в среде воздуха, располагая образцы на приспособлении в свободном подвешенном состоянии. Термостойкость тканей оценивали по степени сохранения механических характеристик, выраженных в процентном соотношении к их исходным значениям.

По данным ДТГ и ДСК в области температур 100...200°C происходит удаление сорбционной и физически связанной влаги,

в количестве 7% – в атмосфере воздуха и 5% – в среде азота (рис. 1 – данные ДТГ (1, 2) и ДСК (3, 4) ткани из нитей арселон: 1, 2 – кривые потери массы (TG); 3, 4 – кривые теплоты реакций, в среде: 1 и 3 – воздуха; 2, 4 – азота). Экзотермический эффект в области 250...350°C с потерями массы 2...3%, вероятно, обусловлен разложением препаратов заключительной отделки ткани. Температура начала основной стадии деструкции отмечается при 450°C в атмосфере воздуха и 480°C в среде азота, что свидетельствует о высокой термостойкости ткани. Завершается основная стадия деструкции в среде воздуха при 750°C с потерями массы 90%, в среде азота – при 780°C с потерями массы 50%. При переходе от окислительной среды к инертной механизм деструкции изменяется, о чем свидетельствует изменение вида кривых (рис. 1). В инертной среде при недостатке окислителя (кислорода воздуха) преобладают процессы циклизации, о чем свидетельствует высокое коксообразование. В результате чего процесс окисления и потери массы в инертной среде замедляется и при максимуме экзоэффекта 625°C составляют 45%, а при 1000°C – лишь 65%.

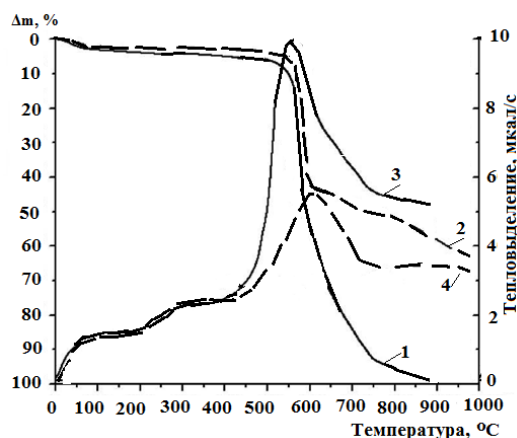


Рис. 1

Таким образом, в результате проведенного исследования определена предельная температура эксплуатации ткани из нитей арселон до 400°C, при кратковременном ее воздействии.

Исследования термостойкости и термического старения ткани, представленные в

табл. 1, оценивали по изменению свойств образцов под воздействием температур 200, 250, 300 и 350°C в течение 24, 48, 72 и 100 ч.

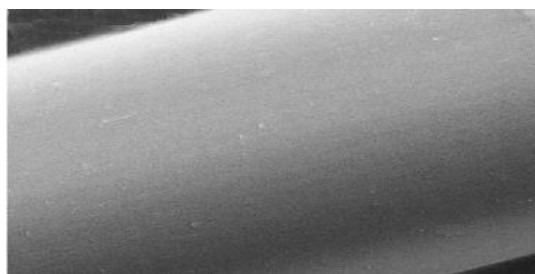


Рис. 2

Воздействие на ткань температурой 200°C в течение 24 и 48 ч приводит к незначительному, на 5...6%, возрастанию разрывной и раздирающей нагрузки ткани

(табл. 1). При этом удлинения и усадки ткани практически не происходит. Дальнейшее экспонирование температурой 200°C до 100 ч, незначительно (на 1...2%) снижает прочность ткани. Следовательно, при температуре 200 °С ткань выдерживает длительное тепловое воздействие без ухудшения свойств. Возрастание прочности ткани на 5...6% обусловлено тем, что мелкие дефекты структуры нитей под действием температуры 200°C устраняются, что подтверждают данные электронной микроскопии (рис. 2 – данные электронной микроскопии поверхности волокна арселон после воздействия температурой 200°C в течение 48 ч (увеличение 5000)), поверхность нити арселон ровная, без продольных и поперечных дефектов.

Т а б л и ц а 1

Физико-механические показатели	Время воздействия, ч				
	0	24	48	72	100
Температура 200°C					
Разрывная нагрузка Pp, кгс, основа/уток	186/113	195/119 (+5/5)	197/120 (+6/6)	184/111 (-1)	182/109 (-2)
Разрывное удлинение, %, основа/уток	29,0/21,0	29,2/21,3	29,5/21,6	29,8/21,9	30,0/22,0
Раздирающая нагрузка, кгс, основа/уток	30,4/27,1	30,4/27,1	30,6/27,3	30,0/27,0	29,8/28,9
Усадка ткани, %, основа/уток	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3
Температура 250°C					
Разрывная нагрузка Pp, кгс, основа/уток	186/113	182/110 (-2/-3)	178/107 (-4/-5)	175/104 (-6/-8)	167/102 (-10/-10)
Разрывное удлинение, %	29,0/21,0	29,3/21,3	29,7/21,7	29,9/22,0	30,3/22,3
Раздирающая нагрузка, кгс, основа/уток	30,4/27,1	30,3/27,2	30,6/27,4	29,8/26,9	29,5/28,4
Усадка ткани, %, о/у	0,3/0,3	0,4/0,4	0,5/0,5	0,5/0,6	0,6/0,7
Температура 300°C					
Разрывная нагрузка Pp, кгс, основа/уток	186/113	177/105 (-5/-7)	158/95 (-15/-16)	130/76 (-30/-33)	104/62 (-44/-45)
Разрывное удлинение, %, основа/уток	29,0/21,0	29,4/21,4	29,8/21,8	30,1/22,2	31,0/23,0
Раздирающая нагрузка, кгс, основа/уток	30,4/27,1	30,4/27,1	28,0/25,0	23,3/20,9	19,3/16,9
Усадка ткани, %, основа/уток	0,3/0,3	0,4/0,5	0,6/0,7	0,8/0,9	0,9/0,9
Температура 350°C					
Разрывная нагрузка Pp, кгс, основа/уток	186/113	130/77 (-30/-33)	95/57 (-49/-50)	74/44 (-60/-61)	54/31 (-71/-73)
Разрывное удлинение, %, основа/уток	29,0/21,0	29,8/21,8	30,1/22,2	31,5/22,5	32,2/23,9
Раздирающая нагрузка, кгс, основа/уток	30,4/27,1	23,3/20,9	19,3/16,9	16,3/13,9	10,3/7,9
Усадка ткани, %, основа/уток	0,3/0,3	0,6/0,7	0,8/0,9	0,9/0,9	1,3/1,3

П р и м е ч а н и е. В числителе – показатели свойств по основе, в знаменателе – по утку. В скобках – процент снижения прочности от первоначальной прочности по основе и утку, соответственно. Коэффициент вариации для всех измерений не превышал 2,5%.

При воздействии температурой 250°C в течение 100 ч, прочность при разрыве и раздирании снижается незначительно, на 10% от исходной прочности. При этом удлине-

ние ткани незначительно возрастает, на 0,5%. В процессе термического старения усадка ткани постепенно возрастает до 0,6/0,7%. Все это свидетельствует о высо-

кой теплостойкости ткани Термаль к продолжительному воздействию температурой 250°C.

При воздействии температурой 300°C в течение 48 ч ткань Термаль теряет до 15% прочности при растяжении и раздирании. С увеличением времени экспонирования температурой 300°C до 100 ч потери прочности при разрыве ткани возрастают до 44%, удлинение возрастает на 4...5%, прочность при раздирании снижается на 35...40%, усадка ткани возрастает до 0,9% (табл. 1). Наличие удлинения объясняется способностью жесткоцепных ароматических связей к дополнительному ориентированию в процессах термической обработки.

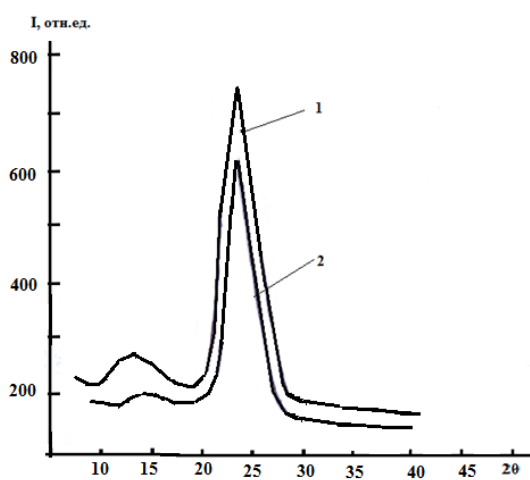


Рис. 3

Эти данные свидетельствуют о начале деструкционных процессов в надмолекулярной структуре волокна, что подтверждают данные рентгеноструктурного анализа (РСА) (рис. 3 – данные РСА ткани из нитей арселон, термообработанной в течение 100 ч при температуре: 1 – 250°C; 2 – 300°C). Дифрактограммы РСА показывают, что степень кристалличности полимера волокна арселон, термообработанного в течение 100 ч при температуре 250°C составляет 67%, а при 300°C – 56%, то есть снижается на 11%. Разупорядочивание структуры приводит к необратимой потере прочностных свойств. Кристаллическая природа полимера обеспечивает высокую термическую стабильность волокон. Благодаря жесткой сетчатой структуре макромолекулу ткань из нитей арселон не плавится.

Таким образом, работоспособность ткани Термаль из нитей арселон при 300°C весьма кратковременная, не более 24...48 ч.

При воздействии на ткань температурой 350°C в течение 24 ч отмечается снижение показателя разрывной нагрузки на 30...33% от исходной. Продолжение термического воздействия до 100 ч приводит к разрушению волокна и потери прочности ткани более 70%. Все это свидетельствует о деструкции полимера и термическом старении ткани.

Коэффициент вариации для всех измерений не превышал 2,5% (табл. 1), что свидетельствует о высоком качестве и однородности структуры ткани Термаль из нитей арселон. Таким образом, в результате исследований была доказана возможность длительной безопасной эксплуатации ткани Термаль из нитей арселон в термических условиях до 250°C, и кратковременно – до 300°C.

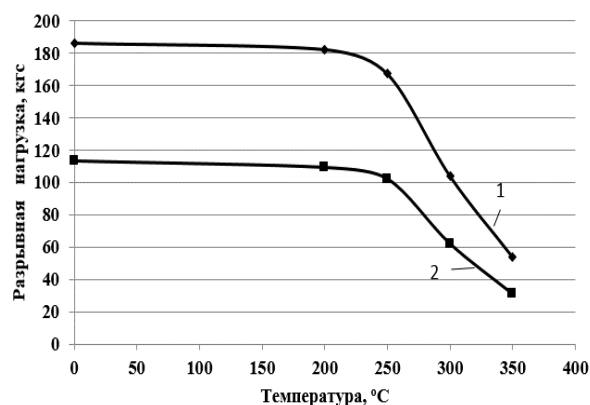


Рис. 4

Процесс термического старения ткани анализируем по изменению показателя разрывной нагрузки при возрастании температурой 200...350°C в течение 100 ч (рис. 4 – зависимость разрывной нагрузки ткани Термаль из нитей арселон от воздействия температурой в течение 100 ч: 1 – данные по основе, 2 – по утку). Зависимость разрывной нагрузки ткани Термаль от воздействия высокой температурой в течение 100 ч имеет полиномиальный характер и описывается полиномом второй степени вида:

$$y = C - Ax^2 + Bx,$$

где  $C$  – значение показателя прочности (разрывной нагрузки) ткани до испытания;  $A$  и  $B$  – коэффициенты аппроксимации зависимости прочности от температуры,

представленные в табл. 2;  $x$  – температура;  $y$  – показатель прочности (разрывной нагрузки) ткани после воздействия температурой 200...350°C в течение 100 ч.

Т а б л и ц а 2

Название ткани	Коэффициенты		
	A ( $\pm 0,0005$ )	B ( $\pm 0,01$ )	C ( $\pm 1$ )
Ткань Термаль из нитей арселон:			
по основе	0,0026	0,532	186
по утку	0,0016	0,324	113

П р и м е ч а н и е. Величина достоверности аппроксимации 0,98.

Полученная зависимость позволяет прогнозировать термическое старение тканей из нитей арселон другой структуры и поверхностной плотности.

## ВЫВОДЫ

1. В результате исследований была доказана возможность длительной безопасной эксплуатации ткани Термаль из нитей арселон при температуре 250°C, и кратковременно, 24...48 ч, при 300°C.

2. Получена зависимость прочности от воздействия высокой температурой в течение 100 ч, которая позволяет прогнозировать термическое старение тканей из нитей арселон другой структуры и поверхностной плотности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Перепелкин К.Е., Андреева И.В., Мещерякова Г.П., Моргоева И.Ю. Изменение свойств параарамидных нитей при термическом старении // Химические волокна. – 2006, № 5. С. 44...49.
2. Лысенко В.А., Крисковец М.В., Сазанов Ю.Н., Губанова Г.Н., Куликова Е.М., Уголков В.Л., Лаврентьев В.К. Основы электротермических превращений волокон полиоксадиазола при карбонизации // Химические волокна. – 2019, №6. С. 11...16.
3. Макаров Б.П., Шаблыгин М.В., Матрохин А.Ю., Михайлова М.П. Исследование и анализ свойств полипарафенилен-1,3,4-оксадиазольных волокон, предназначенных для текстильных изделий // Химические волокна. – 2019, №5. С. 56...58.
4. Дянкова Т.Ю., Степанова А.Б. Изменение механических свойств параарамидных нитей после воздействия агрессивной среды // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2012, №1 (15). С.22...26.

5. Мещерякова Г.П., Степанова А.Б. Математические модели, описывающие механические свойства термосостаренных параарамидных нитей // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2012, № 4. С. 12...14.

6. Бессшапошникова В.И., Загоруйко М.В. Термостойкие и негорючие волокна и текстильные материалы. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2020.

## REFERENCES

1. Perepelkin K.E., Andreeva I.V., Meshcheryakova G.P., Morgoeva I.Yu. Izmenenie svoystv paraaramidnykh nitey pri termicheskom starenii // Khimicheskie volokna. – 2006, № 5. S. 44...49.
2. Lysenko V.A., Kriskovets M.V., Sazanov Yu.N., Gubanova G.N., Kulikova E.M., Ugolkov V.L., Lavrent'ev V.K. Osnovy elektrotermicheskikh prevrashcheniy volokon polioksadiazola pri karbonizatsii // Khimicheskie volokna. – 2019, №6. S. 11...16.
3. Makarov B.P., Shablygin M.V., Matrokhin A.Yu., Mikhaylova M.P. Issledovanie i analiz svoystv poliparafenilen-1,3,4-oksadiazol'nykh volokon, prednaznachennykh dlya tekstil'nykh izdeliy // Khimicheskie volokna. – 2019, №5. S. 56...58.
4. Dyankova T.Yu., Stepanova A.B. Izmenenie mekhanicheskikh svoystv paraaramidnykh nitey posle vozdeystviya agressivnoy sredy // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2012, №1 (15). S.22...26.
5. Meshcheryakova G.P., Stepanova A.B. Matematicheskie modeli, opisyyvayushchie mekhanicheskie svoystva termosostarennykh paraaramidnykh nitey // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2012, № 4. S. 12...14.
6. Besshaposhnikova V.I., Zagoruyko M.V. Termostoykie i negoryuchie volokna i tekstil'nye materialy. – М.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2020.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 04.06.21.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### EVALUATING METHOD ANALYSIS OF FIRE-RESISTANT PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS

В.Г. СПИРИДОНОВА, О.Г. ЦИРКИНА

V.G. SPIRIDONOVA, O.G. TSIRKINA

(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)

(Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for  
Civil Defense,

Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters)

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru; ogtsirkina@mail.ru

*Представленная работа посвящена анализу имеющихся стандартных методик и современных методов исследования пожароопасных свойств текстильных материалов различной природы, структуры и назначения. Охарактеризованы имеющиеся нормативные документы и оцениваемые в рамках их применения параметры, отмечен формат регистрируемых результатов. Показано, что применение дополнительных современных методов оценки пожарной опасности огнезащитных текстильных материалов позволяет получить набор характеристик в величинах, которые можно сравнить между собой, и выбрать наиболее эффективный огнезащитный состав.*

*The presented work is devoted to the analysis of the available standard techniques and modern methods of studying the fire hazardous properties of textile materials of various nature, structure and purpose. The existing normative documents and the parameters assessed within the framework of their application are characterized, the format of the registered results is noted. fixed in the regulatory documents of the Russian Federation in the field of fire safety of textile materials and products made from them. It is shown that the development of the regulatory framework in this direction was progressive. The first documents were adopted in the United States and a number of European countries. It is indicated that at present, the normative legal acts of the Russian Federation fix the indicators on the basis of which the classification of tissues is made - the flammability and the ability of flame propagation over the surface, and a list of normative documents with methods for studying these parameters. It is noted that the format of the recorded results does not allow for a comparison procedure and choosing the most fire-safe material. It is shown that the mentioned methods allow obtaining additional data on the fire-hazardous properties of textile materials, which can be compared with each other. It is considered that the majority of textile materials used in everyday life and industry are combustible, and they are subject to requirements for applying fire-resistant treatment. At the same time, the current regulatory documents either do not take into account the presence of fire protection, or assume special conditions only when preparing samples for testing. Among the national and interstate standards presented in the work, a document developed exclusively for fabrics with fire-resistant impregnation is highlighted. However, this standard allows testing only for cotton fabrics with phosphoric acid-based flame retardants. The normative documents de-*



*signed to assess the fire-hazardous properties of textile materials for special protective clothing, including firefighter combat clothing, are analyzed. It is highlighted that these documents suggest conducting tests for fire-resistant fabrics to obtain numerical indicators of the parameters being determined. This approach allows you to conduct a comparative analysis of the data obtained and choose a fire-resistant material in accordance with the requirements. The possibility of using modern research methods to determine the fire hazard indicators of textile materials and products made from them is noted. The parameters obtained as a result of the application of the developed express methods are indicated - the burnability of the sample, smoldering, visual changes when exposed to high temperature, resistance to flame propagation. The use of thermal studies is proposed to measure the dependence of the mass of a solid sample on the temperature of the medium in which it is placed, and the oxygen index characterizing the minimum oxygen content at which a flaming burning of a textile material is possible. It is shown that the use of additional modern methods for assessing the fire hazard of fire-resistant textile materials allows us to obtain a set of characteristics in quantities that can be compared with each other, and choose the most effective fire-resistant composition.*

**Ключевые слова:** пожарная опасность, воспламеняемость, текстильный материал, термический анализ, огнестойкость, кислородный индекс, экспресс-методики, специальная одежда.

**Keywords:** fire hazard, flammability, textile material, thermal analysis, fire resistance, oxygen index, express methods, special clothing.

При определении возможности применения текстильного материала в какой-либо отрасли промышленности учитываются различные показатели – состав, прочность, гигиенические свойства, вид отделки. Вместе с тем, при использовании тканей и изделий из них на пожароопасных и взрывопожароопасных объектах, где возможно образование раскаленных искр, воздействие теплового потока и высоких температур, в качестве одного из основных критериев оценивается пожарная опасность материала.

Системный подход к вопросу оценки пожарной опасности текстильных материалов давно присутствует в США и ряде европейских стран. В 1954 г. в США были впервые опубликованы законодательные предписания по обращению с горючими текстильными материалами. Аналогичные документы были разработаны в Великобритании, Швейцарии и Германии. В 1977 г. подобные нормативные документы появились в таких странах, как Австралия, Австрия, Ирландия, Канада, Франция, Швеция, ЮАР и Япония [1].

В соответствии с приведенной в настоящее время в нормативных правовых актах Российской Федерации классификацией пожароопасные свойства текстильных материалов характеризуются воспламеняемостью и способностью к распространению пламени [2]. Для определения указанных показателей утвержден Перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований и измерений [3]. Методики проведения испытаний подразделяются в зависимости от назначения тканей и области их применения. При этом существует ряд национальных и межгосударственных стандартов, в которых приводятся методы и способы испытаний, позволяющие получить дополнительные данные, – огнестойкость, температуропроводность, устойчивость к мокрой обработке, разрывные характеристики.

В процессе оценки пожароопасных свойств ткани учитывается не только сфера применения готового изделия, но и вид отделки. В целях обеспечения пожарной безопасности огнезащитной обработке подлежат: декоративные драпировки, обивка ме-



бели и сидений общественного транспорта, гардины, занавеси, обои, ковровые покрытия, специальная защитная одежда, технические ткани и нетканые материалы (изолирующие, кошмы, тенты, брезент) [4]. Вме-

сте с тем, применяемые к данным материалам и изделиям методики проведения испытаний и оценки полученных результатов не всегда учитывают наличие огнезащитных составов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Нормативный документ	Определяемый параметр	Вид текстильного материала	Учет наличия огнезащиты	Общий вид получаемых результатов
Декоративные, бельевые и обивочные текстильные материалы				
ГОСТ Р 50810-95 "Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Методы испытания на воспламеняемость и классификация"	воспламеняемость	горючие декоративные текстильные материалы	+	легковоспламеняемый трудновоспламеняемый
ГОСТ 32088-2013 "Материалы текстильные. Покрытия и изделия ковровые напольные. Воспламеняемость. Метод определения и классификация"	воспламеняемость	текстильные ковровые изделия и покрытия	-	легковоспламеняемый трудновоспламеняемый
ГОСТ Р 53294-2009 "Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость"	воспламеняемость	постельные принадлежности, шторы, занавеси, элементы мягкой мебели	+	легковоспламеняемый трудновоспламеняемый
ГОСТ 12.1.044-89 "ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения"	способность распространения пламени по поверхности	твердые вещества и материалы	+	не распространяющий пламя, медленно распространяющий пламя, быстро распространяющий пламя по поверхности
ГОСТ 15898-70 "Ткани льняные и полульняные. Метод определения огнестойкости"	огнестойкость	льняные и полульняные ткани огнезащитной обработкой	+	продолжительность остаточного горения и тления, с
ГОСТ Р ИСО 6940-2011 "Материалы текстильные. Характеристики горения. Метод определения воспламеняемости вертикально ориентированных образцов"	воспламеняемость	текстильные изделия, состоящие из одной или нескольких тканей	-	среднее время воспламенения, с
ГОСТ 19297-2003 "Ткани хлопчатобумажные с огнезащитной отделкой. Технические условия"	сохранность огнезащитных свойств	х/б ткани с огнезащитной отделкой	+	стойкость огнезащитных свойств при эксплуатации (отсутствие горения и тления)
Текстильные материалы для специальной защитной одежды				
ГОСТ Р ИСО 6942-2007 "ССБТ. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения"	защитные свойства материалов при воздействии теплового излучения	однослойные или многослойные материалы, используемые в защитной одежде	+	изменение внешнего вида образца, плотность пропущенного теплового потока, кВт/м <sup>2</sup>

ГОСТ Р ИСО 9151-2007 "ССБТ. Одежда специальная для защиты от тепла и пламени. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени"	теплопередача	материалы или пакеты материалов защитной одежды	+	показатель передачи тепла, с
ГОСТ ИСО 15025-2019 "ССБТ. Одежда специальная для защиты от тепла и пламени. Метод испытаний на ограниченное распространение пламени"	распространение пламени на вертикально ориентированных материалах	гибкие материалы из одного или нескольких компонентов	+	время остаточного горения и тления, с длина повреждения, мм
ГОСТ 11209-2014 "Ткани хлопчатобумажные и смешанные защитные для спецодежды. Технические условия"	огнестойкость	х/б материалы для спецодежды (кроме одежды для пожарных)	-	огнестойкая ткань не огнестойкая ткань
ГОСТ 12.4.049-78 "Ткани хлопчатобумажные и смешанные для спецодежды. Метод определения устойчивости к мокрой обработке"	устойчивость к мокрой обработке	х/б и смешанные ткани для спецодежды с пропиткой и без пропитки	+	разность величин, характеризующих защитные свойства тканей до и после мокрой обработки
ГОСТ Р ИСО 6941-99 "ССБТ. Материалы текстильные для средств индивидуальной защиты. Метод определения способности распространения пламени на вертикально ориентированных пробах"	распространение пламени на вертикально ориентированных образцах в строго контролируемых условиях	ткани из одного или нескольких компонентов для изготовления средств защиты (кроме одежды пожарных)	+	время распространения пламени на расстояние между маркировочными нитями, с

Представленный анализ нормативных документов показывает, что методы испытаний, включенные в Перечень [3], не всегда учитывают наличие огнезащитной обработки текстильного материала. В большинстве случаев отличается лишь процесс подготовки огнезащитных образцов к испытаниям, а именно ткани с нанесенными антипиренами должны быть подвергнуты ускоренному гидролизу, проводимому в водопроводной воде [5]. Однако методика проведения испытаний и анализ полученных результатов идентичен варианту для материалов без обработки.

Вместе с тем, в Перечне указан ряд нормативных документов, разработанных исключительно для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов, прошедших огнезащитную обработку. В качестве определяемого параметра выбирается огнестойкость – способность изделия, конструкции сопротивляться воздействию пожара и препятствовать распространению

опасных факторов пожара [6]. Стоит отметить, что в действующих нормативных правовых актах понятие "огнестойкость" не фигурирует в качестве показателя пожарной опасности текстильных материалов. Данное понятие применяется только для строительных конструкций (ст. 58) [2].

Исходя из вышесказанного следует, что классификационные показатели пожароопасных свойств текстильных материалов декоративного и технического назначения, указанные в нормативных документах, не всегда соответствуют классификациям, представленным в нормативных правовых актах. В п. 15 ст. 13 [2] приводится ссылка на Перечень национальных стандартов, необходимых для применения и исполнения Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [3], однако методы определения огнестойкости, содержащиеся в данном Перечне, даже не упоминаются среди требований указанной статьи.

В рамках методов исследования пожарной опасности текстильных материалов, содержащихся в нормативных документах, в которых указана возможность проведения испытаний для огнезащитных образцов, в качестве результата может быть дана лишь оценка по следующим характеристикам: легковоспламеняемый или трудновоспламеняемый, не распространяющий, медленно или быстро распространяющий пламя по поверхности. Однако для материалов с нанесенными огнезащитными составами такие результаты не позволяют провести сравнение и выбрать наиболее эффективный антипирен. Стоит отметить, что в нормативных документах, используемых исключительно для тканей с огнезащитой, результаты представляются в численных значениях (продолжительность остаточного горения и тления, с).

Перечень показателей, оцениваемых на основании приведенного списка стандартов, может быть расширен за счет использования методики оценки кислородного индекса (КИ) – минимального содержания кислорода в кислородно-азотной смеси, при котором возможно свечеобразное горение материала [7]. Определено, что величина кислородного индекса для необработанной хлопковой ткани составляет 17,2%, для полиэфирной ткани – 22,5%, для смешанной хлопкополиэфирной ткани – 19,6% [8]. Если для необработанных тканей значение КИ близко к 21%, что свидетельствует о возможности горения в условиях кислорода воздуха, то для огнестойких материалов величина кислородного индекса может достигать 50% [9] и выступать в качестве показателя сравнения.

В иностранной литературе приводятся и другие показатели, измеряемые на основе методики определения кислородного индекса. Встречается такое понятие, как предельный кислородный индекс (ПКИ). В рамках измерения кислородного индекса, при котором скорость горения равна нулю, определяется кислородный индекс затухания (КИЗ). Для необработанных легковоспламеняющихся тканей, таких как хлопок, нейлон и полиэстер, соответствующие зна-

чения КИЗ уменьшаются вместе со снижением времени воздействия источника зажигания, а метод экстраполяции позволяет определить значения КИЗ в нулевое время. Для хлопчатобумажной ткани величина  $КИЗ_0$  составляет 13,5% [10].

Вторая часть табл.1 посвящена нормативным документам в области оценки пожароопасных свойств текстильных материалов, применяемых для изготовления специальной защитной одежды, в том числе боевой одежды пожарного. Большинство национальных и межгосударственных стандартов предполагает наличие огнезащитной и иных обработок на поверхности материала. Проведенный анализ показывает, что практически все методики оценки пожарной опасности тканей для спецодежды позволяют представить результаты испытаний в виде численных показателей, характеризующих анализируемое свойство. Такой подход позволяет провести оценку как необработанного текстильного материала, так и образцов с нанесенными пропитками, и выбрать подходящий вариант для применения в заданных условиях с наиболее эффективными огнезащитными свойствами [11].

Пожароопасные характеристики текстильных материалов и изделий из них могут изменяться в процессе хранения и эксплуатации. Среди нормативных документов выделяются два стандарта, в которых содержатся методы и способы оценки изменения огнезащитных свойств, – ГОСТ 19297–2003 "Ткани хлопчатобумажные с огнезащитной отделкой. Технические условия" и ГОСТ 12.4.049–78 "Ткани хлопчатобумажные и смешанные для спецодежды. Метод определения устойчивости к мокрой обработке". При этом ГОСТ 19297–2003 распространяется только на хлопчатобумажные ткани с огнезащитной отделкой на основе дициандиамида и фосфорной кислоты [12]. Следовательно, провести оценку стойкости огнезащитных свойств при эксплуатации для текстильных материалов из других натуральных или синтетических волокон с иными видами антипиренов не представляется возможным.

Для предварительной оценки наличия на текстильном материале огнезащитной отделки применяются экспресс-методики, в рамках которых оцениваются прожигаемость образца, горение, тление, визуальные изменения при воздействии высокой температуры, устойчивость к распространению пламени [13].

С целью расширения перечня оцениваемых характеристик при определении пожароопасных свойств текстильных материалов с учетом особенностей эксплуатации и возможности применения огнезащиты требуется проведение дополнительных испытаний с использованием современных методов. К таким методам относится термогравиметрический анализ.

Практическое применение методов термического анализа почти не ограничено. Немногие методы инструментального анализа можно так многосторонне применять в научно-исследовательской работе и в промышленности, как термический анализ. Термогравиметрический анализ (ТГА) заключается в измерении зависимости массы твердого образца от температуры среды, в которую он помещен. Кривая потери массы от температуры (кривая ТГ) имеет вид плато, участок горизонтального типа свидетельствует об отсутствии химических превращений в полимере и его устойчивости; вертикальный уступ на кривой говорит о том, что в материале происходит химическое разложение. Кривая ТГ позволяет определить, какую массу теряет исследуемый образец при нагревании ( $\Delta m$ ) [14]. ТГА для текстильных материалов позволяет оценить влияние природы, состава и поверхностной плотности испытываемого образца на скорость термической деструкции и процент общей потери массы [15]. Таким образом, термогравиметрические исследования позволяют провести количественный анализ, в результате которого получаются численные величины, которые можно сопоставить между собой.

## ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ имеющихся нормативных документов в области оценки по-

жарной опасности текстильных материалов различного состава и назначения. Установлено, что ряд методик не позволяют учесть наличие огнезащитной обработки и получить данные, подлежащие сравнению. Отмечено, что в рамках стандартных методик можно получить значения пожароопасных характеристик, не имеющих привязки к классификационным показателям, установленным нормативными правовыми актами.

2. Указано, что для комплексной оценки наличия и изменения огнезащитных свойств текстильных материалов в процессе эксплуатации могут быть применены дополнительные современные методы, результаты которых выражаются в величинах, которые можно сравнить между собой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самохвалов Е. Вопросы огнезащиты текстильных материалов // Независимый украинский журнал "F+S: технологии безопасности и противопожарной защиты", 2013 [Электронный ресурс]. URL: [http://security-info.com.ua/articles/?ELEMENT\\_ID=1626](http://security-info.com.ua/articles/?ELEMENT_ID=1626).

2. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (ред. от 30.04.2021).

3. Распоряжение Правительства РФ от 10.03.2009 N 304-р (ред. от 11.06.2015) "Об утверждении перечня национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" и осуществления оценки соответствия".

4. Способы и средства огнезащиты текстильных материалов. Руководство МЧС России. – Введ. 2004-01-21. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004.

5. ГОСТ Р 50810–95 "Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация" (утв. постановлением Госстандарта РФ от 29 августа 1995 г. №454).

6. Российская энциклопедия по охране труда: в 3-х т. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство "ЭНАС", 2008.

7. ГОСТ 12.1.044–89 (ИСО 4589-84) "Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения" (утв. постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 12 декабря 1989 г. №3683).

8. Никифоров А.Л., Циркина О.Г., Ульева С.Н., Спиридонова В.Г. Новые подходы к оценке пожаро-

опасных свойств текстильных материалов // Сетевое издание "Пожарная и аварийная безопасность", 2019, № 4 (15). С. 11...18 [Электронный ресурс]. URL: <http://pab.edufire37.ru/>.

9. Терминологический словарь одежды: ок. 2000 слов / Л.В. Орленко. – М.: Легпромбытиздат, 1996.

10. Horrocks A.R. Textile flammability research since 1980 – Personal challenges and partial solutions // Polymer Degradation and Stability. – 2013, №98. P. 2813...2824.

11. Сорокин Д.В., Никифоров А.Л., Петров А.В., Циркина О.Г., Шарабанова И.Ю., Румянцева В.Е. Исследование влияния огнезащитной обработки на термическое разложение ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 6. С. 101...104.

12. ГОСТ 19297–2003 "Ткани хлопчатобумажные с огнезащитной отделкой. Технические условия" (пр. Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 23 от 22.05.2003 г.)).

13. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Никифоров А.Л., Ульяева С.Н. Применение разработанных экспресс-методик оценки огнезащитных свойств текстильных материалов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2020, № 1(34). С. 77...84.

14. Шаталова Т. Б., Шляхтин О. А., Веряева Е. Методы термического анализа: методическая разработка. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011.

15. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Петров А.В., Никифоров А.Л., Ульяева С.Н. Использование методов термического анализа для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 5. С. 92...97.

## REFERENCES

1. Samokhvalov E. Voprosy ognezashchity tekstil'nykh materialov // Nezavisimyy ukrainskiy zhurnal "F+S: tekhnologii bezopasnosti i protivopozharnoy zashchity", 2013 [Elektronnyy resurs]. URL: [http://security-info.com.ua/articles/?ELEMENT\\_ID=1626](http://security-info.com.ua/articles/?ELEMENT_ID=1626).

2. Federal'nyy zakon ot 22.07.2008 №123-FZ "Tekhnicheskiiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti" (red. ot 30.04.2021).

3. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 10.03.2009 N 304-r (red. ot 11.06.2015) "Ob utverzhdenii perechnya natsional'nykh standartov, sodержashchikh pravila i metody issledovaniy (ispytaniy) i izmereniy, v tom chisle pravila otbora obraztsov, neobkhodimye dlya primeneniya i ispolneniya Federal'nogo zakona "Tekhnicheskiiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti" i osushchestvleniya otsenki sootvetstviya".

4. Sposoby i sredstva ognezashchity tekstil'nykh materialov. Rukovodstvo MChS Rossii. – Vved. 2004-01-21. – М.: FGU VNIPO MChS Rossii, 2004.

5. GOST R 50810–95 "Pozharnaya bezopasnost' tekstil'nykh materialov. Tkani dekorativnye. Metod ispytaniya na vosplamenyayemost' i klassifikatsiya" (utv. postanovleniem Gosstandarta RF ot 29 avgusta 1995 g. №454).

6. Rossiyskaya entsiklopediya po okhrane truda: v 3-kh t. 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Izdatel'stvo "ENAS", 2008.

7. GOST 12.1.044–89 (ISO 4589-84) "Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov. Nomenklatura pokazateley i metody ikh opredeleniya" (utv. postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po upravleniyu kachestvom produktsii i standartam ot 12 dekabrya 1989 g. №3683).

8. Nikiforov A.L., Tsirkina O.G., Ul'eva S.N., Spiridonova V.G. Novye podkhody k otsenke pozharoopasnykh svoystv tekstil'nykh materialov // Setevoe izdanie "Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'", 2019, № 4 (15). С. 11...18 [Elektronnyy resurs]. URL: <http://pab.edufire37.ru/>.

9. Terminologicheskiiy slovar' odezhd: ok. 2000 slov / L.V. Orlenko. – М.: Legprombytizdat, 1996.

10. Horrocks A.R. Textile flammability research since 1980 – Personal challenges and partial solutions // Polymer Degradation and Stability. – 2013, №98. P.2813...2824.

11. Sorokin D.V., Nikiforov A.L., Petrov A.V., Tsirkina O.G., Sharabanova I.Yu., Rummyantseva V.E. Issledovanie vliyaniya ognezashchitnoy obrabotki na termicheskoe razlozhenie tkani // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 6. S.101...104.

12. GOST 19297–2003 "Ткани хлопчатобумажные с огнезащитной отделкой. Технические условия" (пр. Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 23 от 22.05.2003 г.)).

13. Spiridonova V.G., Tsirkina O.G., Nikiforov A.L., Ul'eva S.N. Primenenie razrabotannykh ekspress-metodik otsenki ognezashchitnykh svoystv tekstil'nykh materialov // Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity. – 2020, № 1(34). С. 77...84.

14. Shatalova T. B., Shlyakhtin O. A., Veryaeva E. Metody termicheskogo analiza: metodicheskaya razrabotka. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011.

15. Spiridonova V.G., Tsirkina O.G., Petrov A.V., Nikiforov A.L., Ul'eva S.N. Ispol'zovanie metodov termicheskogo analiza dlya otsenki pozharoopasnykh svoystv tekstil'nykh materialov iz tsellyuloznykh volokon // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 5. S. 92...97.

Рекомендована кафедрой пожарной безопасности объектов защиты. Поступила 13.07.21.

**ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
С ПОМОЩЬЮ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ  
ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ\***

**SELECTION OF PARAMETERS  
FOR EFFECTIVE TECHNICAL CONTROL  
USING THE CORRELATION MATRIX DETERMINING INDICATORS  
OF QUALITY OF THERMAL INSULATION NONWOVEN MATERIALS**

*Е.В. МЕЗЕНЦЕВА<sup>1,2</sup>, В.Ю. МИШАКОВ<sup>1</sup>*

*E.V. MEZENTSEVA, V. YU. MISHAKOV*

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство),  
ООО «Термопол»)

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

E-mail: yelena\_ev@mail.ru; viktormishakov@rambler.ru

*Представлен анализ взаимосвязи определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов путем построения корреляционной матрицы и расчета коэффициентов парной и множественной корреляции. Проанализирована природа связей. Оценка силы связи произведена по шкале Чеддока.*

*The analysis of the relationship of the determining quality indicators of thermal insulation nonwoven materials by constructing a correlation matrix and calculating the coefficients of pair and multiple correlations is presented. The nature of the relationship is analyzed. The strength of the bond was estimated on the Chaddock scale.*

**Ключевые слова:** нетканые материалы, утеплитель, контроль качества, коэффициент корреляции Пирсона, множественная корреляция, корреляционная матрица.

**Keywords:** nonwoven materials, insulation, quality control, Pearson correlation coefficient, multiple correlation, correlation matrix.

Целью настоящего исследования является определение перечня контролируемых показателей для осуществления технического контроля теплоизоляционных нетканых материалов при промышленном производстве.

Объектом исследования являются нетканые теплоизоляционные материалы, разработанные и произведенные на площадке промышленного партнера ООО «Термопол» [1].

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90010.

\* The reported study was funded by RFBR, project number № 19-38-90010.

Предметом исследования является анализ силы взаимосвязи между определяющими показателями качества теплоизоляционных нетканых материалов с помощью построения корреляционной матрицы.

Выпуск конкурентоспособной продукции невозможен без обеспечения стабильно высокого качества продукции, который в свою очередь обеспечивается за счет контроля качества. Контроль качества позволяет обнаружить дефекты, выявить ошибки

и оперативно их устранить с минимальными потерями для производителя.

Для достижения баланса экономической и технологической эффективности число контролируемых показателей должно быть оптимальным. С одной стороны, их количество должно быть достаточным для осуществления эффективного технического контроля, с другой стороны, их число не должно быть большим с целью экономии времени и финансовых затрат на осуществление контроля качества на производстве.

Т а б л и ц а 1

Определяющие показатели качества	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>13</sub>	x <sub>14</sub>	x <sub>15</sub>
x <sub>1</sub>	1,00	0,99	-0,92	0,28	-0,52	-0,25	0,75	0,20	0,06	0,44	0,28	0,85	0,84	-0,43	-0,39
x <sub>2</sub>	0,99	1,00	-0,88	0,31	-0,56	-0,30	0,67	0,27	0,08	0,51	0,37	0,85	0,85	-0,45	-0,41
x <sub>3</sub>	-0,92	-0,88	1,00	-0,13	0,42	0,10	-0,81	-0,12	0,08	-0,25	-0,07	-0,78	-0,72	0,34	0,30
x <sub>4</sub>	0,28	0,31	-0,13	1,00	0,36	0,24	-0,03	-0,11	0,93	0,69	0,84	2,99·10 <sup>-3</sup>	-0,03	-0,89	-0,90
x <sub>5</sub>	-0,52	-0,56	0,42	0,36	1,00	0,77	-0,21	-0,78	0,60	-0,25	-0,05	-0,79	-0,87	-0,14	-0,16
x <sub>6</sub>	-0,25	-0,30	0,10	0,24	0,77	1,00	0,05	-0,85	0,51	-0,27	-0,13	-0,54	-0,67	-0,16	-0,15
x <sub>7</sub>	0,75	0,67	-0,81	-0,03	-0,21	0,05	1,00	-0,25	-0,07	-0,05	-0,28	0,57	0,55	-0,16	-0,10
x <sub>8</sub>	0,20	0,27	-0,12	-0,11	-0,78	-0,85	-0,25	1,00	-0,40	0,37	0,34	0,56	0,60	-0,07	-0,08
x <sub>9</sub>	0,06	0,08	0,08	0,93	0,60	0,51	-0,07	-0,40	1,00	0,45	0,65	-0,27	-0,31	-0,77	-0,78
x <sub>10</sub>	0,44	0,51	-0,25	0,69	-0,25	-0,27	-0,05	0,37	0,45	1,00	0,89	0,40	0,43	-0,65	-0,68
x <sub>11</sub>	0,28	0,37	-0,07	0,84	-0,05	-0,13	-0,28	0,34	0,65	0,89	1,00	0,17	0,19	-0,73	-0,76
x <sub>12</sub>	0,85	0,85	-0,78	2,99·10 <sup>-3</sup>	-0,79	-0,54	0,57	0,56	-0,27	0,40	0,17	1,00	0,96	-0,32	-0,28
x <sub>13</sub>	0,84	0,85	-0,72	-0,03	-0,87	-0,67	0,55	0,60	-0,31	0,43	0,19	0,96	1,00	-0,21	-0,17
x <sub>14</sub>	-0,43	-0,45	0,34	-0,89	-0,14	-0,16	-0,16	-0,07	-0,77	-0,65	-0,73	-0,32	-0,21	1,00	1,00
x <sub>15</sub>	-0,39	-0,41	0,30	-0,90	-0,16	-0,15	-0,10	-0,08	-0,78	-0,68	-0,76	-0,28	-0,17	1,00	1,00

- x<sub>1</sub> Суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки
- x<sub>2</sub> Суммарное тепловое сопротивление после мокрой обработки
- x<sub>3</sub> Воздухопроницаемость
- x<sub>4</sub> Гигроскопичность
- x<sub>5</sub> Миграция
- x<sub>6</sub> Неровнота по массе
- x<sub>7</sub> Толщина
- x<sub>8</sub> Устойчивость к многократному сжатию

- x<sub>9</sub> Волокнистый состав
- x<sub>10</sub> Изменение линейных размеров по длине после мокрой обработки
- x<sub>11</sub> Изменение линейных размеров по ширине после мокрой обработки
- x<sub>12</sub> Разрывная нагрузка по длине
- x<sub>13</sub> Разрывная нагрузка по ширине
- x<sub>14</sub> Разрывное удлинение по длине
- x<sub>15</sub> Разрывное удлинение по ширине

Существуют различные методы оценки взаимосвязи факторов [2]. Для снижения числа контролируемых параметров в данном исследовании был применен метод построения корреляционной матрицы (табл. 1) с целью выявления связи между определяющими показателями качества, установленными при помощи построения схемы Исикавы и эвристического метода [3...5]. Коэффициенты парной корреляции (Пир-

сона) рассчитывались по формуле (1), оценка достоверности полученных результатов проверялась с помощью ошибки коэффициента корреляции (формула (2)) [6]. Сила корреляционной связи в табл. 1 визуально обозначена цветовой индикацией.

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где  $x_i$  и  $y_i$  – значения случайных величин, между которыми исследуется связь;  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние значения случайных величин.

$$m_r = \frac{1-r_{xy}^2}{\sqrt{n-1}}, \quad (2)$$

где  $n$  – число показателей качества.

Для дальнейшего анализа были выбраны пары с коэффициентом корреляции, превышающим 0,8 (высокая и весьма высокая корреляционные связи согласно шкале Чеддока [7]).

В ходе анализа данных выявлено.

Имеется весьма высокая корреляционная связь между парами определяющих показателей качества: суммарное тепловое сопротивление до мокрой и после мокрой обработки (рис. 1 – корреляция между показателями качества: суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки и сум-

марное тепловое сопротивление после мокрой обработки,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ); изменение линейных размеров по длине после мокрой обработки и по ширине (рис. 2 – корреляция между показателями качества: изменение линейных размеров по длине после мокрой обработки и изменение линейных размеров по ширине после мокрой обработки, %); разрывная нагрузка по длине и по ширине (рис. 3 – корреляция между показателями качества: разрывная нагрузка по длине и разрывная нагрузка по ширине, Н); разрывное удлинение по длине и по ширине (рис. 4 – корреляция между показателями качества: разрывное удлинение по длине и разрывное удлинение по ширине, %). Существующая корреляционная связь свидетельствует о низкой анизотропности объектов исследования, в этом случае целесообразно выбрать только один показатель из пары.

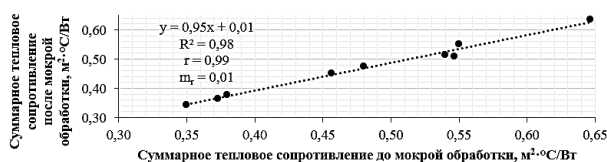


Рис. 1

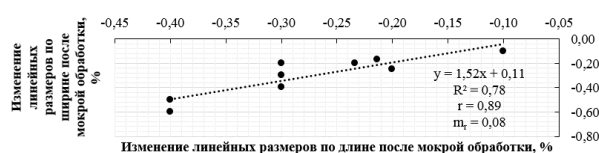


Рис. 2

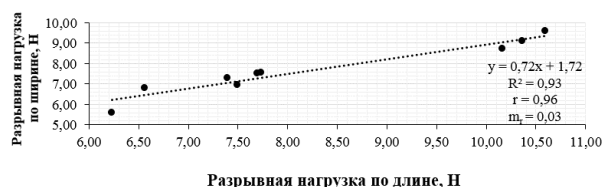


Рис. 3

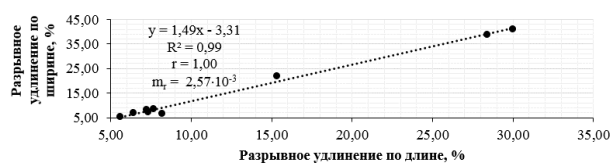


Рис. 4

С точки зрения технического исполнения суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки проще контролировать по сравнению с потенциальным показате-

лем – после мокрой обработки, поэтому для осуществления технического контроля выбран показатель качества суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки.

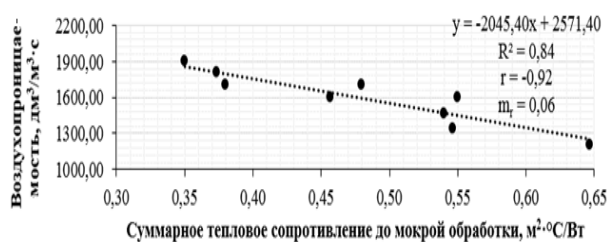


Рис. 5

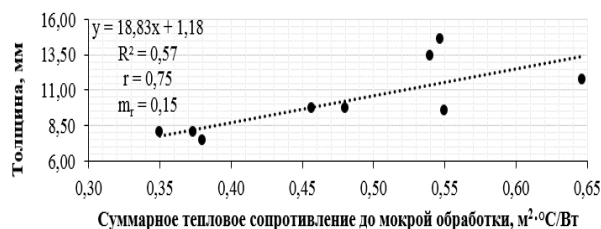


Рис. 6



Существует высокая корреляционная связь между суммарным тепловым сопротивлением до мокрой обработки и показателями качества: воздухопроницаемость (рис. 5 – корреляция между показателями качества воздухопроницаемость,  $\text{дм}^3/\text{м}^3 \cdot \text{с}$  и суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) и толщина (рис. 6 – корреляция между показателями качества толщина, мм, и суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ), более воздухопроницаемые материалы имеют меньшее значение суммарного теплового сопротивления. Более плотная структура материала позволяет более длительно сохранять тепло в пододежном пространстве, однако малый объем инертного воздуха в теплоизоляционных нетканых материалах приводит к тому, что теплопроводность, а следовательно, и суммарное тепловое сопротивление будут определяться теплопроводностью полимера, из

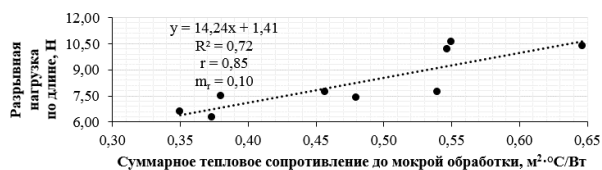


Рис. 7

Выявлена высокая корреляционная связь между гигроскопичностью и показателями качества: волокнистый состав (рис. 8 – корреляция между показателями качества: волокнистый состав и гигроскопичность, %) и изменение линейных размеров по ширине после мокрой обработки (рис. 9 – корреляция между показателями качества:

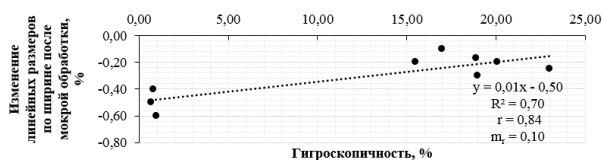


Рис. 9

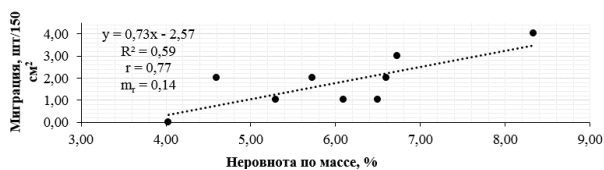


Рис. 11

которого они изготовлены, это обуславливает наличие прямой высокой корреляционной связи между показателями качества: суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки и толщина (рис. 6), более объемные материалы имеют более высокие значения суммарного теплового сопротивления.

Существует прямая высокая корреляционная связь между суммарным тепловым сопротивлением до мокрой обработки и разрывной нагрузкой по длине (рис. 7 – корреляция между показателями качества: суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , и разрывная нагрузка по длине, Н). Данная зависимость определяется тем, что наличие большого количества связей между волокнами, полученными в ходе термоскрепления, обуславливает стабильность материала и высокие значения показателей качества.

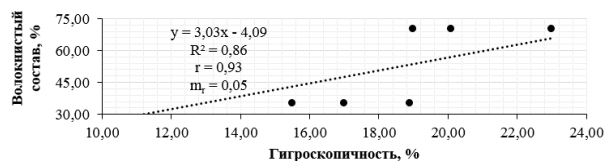


Рис. 8

ва: изменение линейных размеров по ширине после мокрой обработки и гигроскопичность, %), это обусловлено тем, что природа волокон значительным образом влияет на физические свойства и показатели назначения теплоизоляционных нетканых материалов.

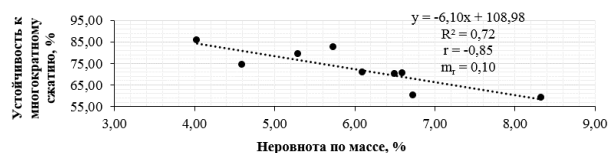


Рис. 10

Отмечена высокая корреляционная связь между неровнотой по массе и показателями качества: устойчивость к многократному сжатию (рис. 10 – корреляция между показателями качества: устойчи-

вость к многократному сжатию и неровнота по массе, %) и миграция (рис. 11 – корреляция между показателями качества: миграция, шт/150 см<sup>2</sup>, и неровнота по массе, %). Чем равномернее структура теплоизоляционных нетканых материалов, а также чем ближе она к изотропной структуре, тем материал является более устойчивым к многоцикловым механическим нагрузкам.

Для количественной оценки корреляционной зависимости трех показателей качества применялся множественный коэффициент корреляции (формулы (3)...(5) [8]:

$$r_{X,YZ} = \sqrt{\frac{r_{XY}^2 + r_{XZ}^2 - 2r_{XY}r_{XZ}r_{YZ}}{1 - r_{YZ}^2}}, \quad (3)$$

$$r_{Y,XZ} = \sqrt{\frac{r_{XY}^2 + r_{YZ}^2 - 2r_{XY}r_{XZ}r_{YZ}}{1 - r_{XZ}^2}}, \quad (4)$$

$$r_{Z,XY} = \sqrt{\frac{r_{XZ}^2 + r_{YZ}^2 - 2r_{XY}r_{XZ}r_{YZ}}{1 - r_{XY}^2}}, \quad (5)$$

где  $r_{X,YZ}$  – множественный коэффициент корреляции случайной величины X с величинами Y и Z;  $r_{Y,XZ}$  – множественный коэффициент корреляции случайной величины Y с величинами X и Z;  $r_{Z,XY}$  – множественный коэффициент корреляции случайной величины Z с величинами X и Y;  $r_{XY}, r_{XZ}, r_{YZ}$  – простые коэффициенты корреляции для двух случайных величин.

В ходе расчета получены следующие множественные коэффициенты корреляции для показателей качества:

– суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки (X); разрывная нагрузка по длине (Y); разрывная нагрузка по ширине (Z):  $r_{X,YZ} = 0,85$ ;  $r_{Y,XZ} = 0,97$ ;  $r_{Z,XY} = 0,96$ ;

– гигроскопичность (X); волокнистый состав (Y); изменение линейных размеров по ширине после мокрой обработки (Z):  $r_{X,YZ} = 0,98$ ;  $r_{Y,XZ} = 0,96$ ;  $r_{Z,XY} = 0,90$ ;

– неровнота по массе (X); устойчивость к многократному сжатию (Y); миграция (Z):  $r_{X,YZ} = 0,87$ ;  $r_{Y,XZ} = 0,87$ ;  $r_{Z,XY} = 0,80$ .

Расчеты множественного коэффициента корреляции показывают, что между рассматриваемыми показателями качества имеются высокая и весьма высокая корреляционные связи, что позволяет снизить количество контролируемых показателей.

1. Установлено, что при осуществлении контроля качества во время промышленного выпуска теплоизоляционных нетканых материалов целесообразно осуществлять непрерывный статистический контроль таких показателей качества, как суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, гигроскопичность, неровнота по массе, разрывное удлинение по длине. Помимо этого необходим непрерывный статистический контроль поверхностной плотности, так как от этого зависит количество расходуемого сырья и стабильность всех показателей качества.

2. Установлено, что такие показатели качества, как воздухопроницаемость, толщина, разрывная нагрузка по длине и ширине, волокнистый состав, изменение линейных размеров по длине и ширине после мокрой обработки, устойчивость к многократному сжатию, миграция, целесообразно проверять во время летучего технического контроля, который инициируется при нештатных ситуациях на производстве, при изменениях в технологических режимах и используемом сырье.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Исследования структурных характеристик нетканого объемного термоскрепленного материала, сформированного путем диспергирования волокон в потоке воздуха, содержащего полиакрилатные волокна // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2019, № 3. С. 29...33.

2. Перова М.С., Галимова Л.Р., Хакимуллин Ю.Н. Зависимость свойств неотверждаемых герметиков на основе бутилкаучука, наполненных мелом, от природы термопласта // Вестник Казанского технологического университета. – 2010, № 6. С.230...235.

3. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Выбор определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов эвристическим методом // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2019, № 1. С. 39...45.

4. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Системный анализ экспертных групп текстильной отрасли при выборе определяющих показателей качества на примере теплоизоляционных нетканых материалов // Химические волокна, № 5. Мытищи: Отдел информатики ВНИИСВ. – 2019. С. 43...49.

5. 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.

6. Кирюхин С.М., Гриднева Т.М., Демократова Е.Б. Методы и средства технического контроля и управления качеством текстильных материалов. – М.: МГУДТ, 2013.

7. Галямов Ю.Ю. Концептуальные основы управления и развития регионального промышленного комплекса / Под общ. ред. С. А. Лочана. – М.: Палеотип, 2011.

8. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1974.

#### REFERENCES

1. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Issledovaniya strukturnykh kharakteristik netkanogo ob"emnogo termoskrepennogo materiala, sformirovannogo putem dispergirovaniya volokon v potoke vozdukha, soderzhashchego poliakrilatnye volokna // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2019, № 3. S.29...33.

2. Perova M.S., Galimova L.R., Khakimullin Yu.N. Zavisimost' svoystv neotverzhdaemykh germetikov na osnove butilkauchuka, napolnennykh melom, ot prirody termoplasta // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2010, № 6. S.230...235.

3. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Vybor opredelyayushchikh pokazateley kachestva teploizolyatsionnykh netkanykh materialov evristicheskim metodom // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2019, № 1. S. 39...45.

4. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Sistemnyy analiz ekspertnykh grupp tekstil'noy otrasli pri vybore opredelyayushchikh pokazateley kachestva na primere teploizolyatsionnykh netkanykh materialov // Khimicheskie volokna, № 5. Mytishchi: Otdel informatiki VNIISV. – 2019. С. 43...49.

5. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Vybor opredelyayushchikh pokazateley kachestva teploizolyatsionnykh netkanykh materialov s ispol'zovaniem prichinno-sledstvennykh skhem Isikavy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 4. S.108...115.

6. Kiryukhin S.M., Gridneva T.M., Demokratova E.B. Metody i sredstva tekhnicheskogo kontrolya i upravleniya kachestvom tekstil'nykh materialov. – М.: МГУДТ, 2013.

7. Galyamov Yu.Yu. Kontseptual'nye osnovy upravleniya i razvitiya regional'nogo promyshlennogo kompleksa / Pod obshch. red. S. A. Lochana. – М.: Paleotip, 2011.

8. Solov'ev A.N., Kiryukhin S.M. Otsenka kachestva i standartizatsiya tekstil'nykh materialov. – М.: Legkaya industriya, 1974.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 12.07.21.

УДК 677.05

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_88

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ СЫРЦОВОГО ВАЛИКА  
НА КАЧЕСТВО ВОЛОКНА  
И ДРУГИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ДЖИНИРОВАНИЯ**

**THE INFLUENCE OF THE ROTATION SPEED OF THE RAW ROLLER  
ON FIBER QUALITY AND OTHER INDICATORS OF THE GENERATION PROCESS**

*М.М. АГЗАМОВ*

*М.М. AGZAMOV*

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light industry, Republic of Uzbekistan)

E-mail: agzamov85@mail.ru

*Из-за разницы величин скоростей вращения пильного цилиндра и сырцового валика при пильном дженировании наблюдается динамическое нагружение волокон летучек, захваченных зубьями пил, независимо от того, в какой части сырцового валика произошел захват волокон зубьями пил. Существенную роль в динамическом нагружении волокна играет скорость сырцового валика  $V_2$ . Следует отметить, что, управляя  $V_2$ , можно управлять процессом дженирования, обеспечивая более щадящее воздействие пил на волокно, благодаря чему снизится его механическая поврежденность. Экспериментальные исследования показали, что с ростом скорости сырцового валика с 1,2 до 2,9 м/с наблюдается улучшение качества волокна и других показателей процесса дженирования, как и ожидалось по результатам теоретических исследований.*

*The article analyses the ginning process when due to the difference in the speeds of rotation of the saw cylinder and the raw roller during saw ginning, dynamic loading of the fibers of the fumes captured by the saw teeth is observed, regardless of where in the raw roller the fibers are captured by the saw teeth. The raw roll speed  $V_2$  plays a significant role in the dynamic loading of the fiber. It should be noted that it is possible to control the ginning process by controlling  $V_2$ , providing a more gentle influence of the saws on the fiber, thereby reducing its mechanical damage. Experimental studies have shown that the improvement in the quality of fiber and other indicators of the ginning process with an increase in the speed of the raw roll from 1.2 to 2.9 m/s is observed, as expected from the results of theoretical studies.*

**Ключевые слова:** пильный джин, сырцовый валик, скорость вращения, динамическая нагрузка на волокно, уменьшение укорачивания волокна, снижение содержания пороков и сорных примесей в волокне, снижение плотности сырцового валика, уменьшение расхода электроэнергии.

**Keywords:** saw gin, raw roller, rotation speed, dynamic load on the fiber, reducing fiber shortening, reducing the content of flaws and trash in the fiber, reducing the density of the raw roller, reducing energy consumption.

Ухудшение качества выпускаемой продукции (повреждение семян, образование кожицы с волокном, укорочение длины волокна и др.) происходит в момент вхождения зубьев пил в сырцовый валик. В этот момент происходит соударение зубьев пилы пильного цилиндра и летучек или семян хлопка-сырца, находящихся в сырцовом валике. В серийных джинах, эксплуатируемых в настоящее время, наблюдаются частые забои колосниковой решетки, которые ведут к простоям оборудования, потере сырья (волокна) во время чистки забоя, к загоранию волокна.

Из-за разницы величин скоростей вращения пильного цилиндра и сырцового валика при пильном джинировании захват волокна из сырцового валика зубьями пил может происходить практически по всей дуге пропила. В результате этого наблюдается динамическое нагружение волокон летучек, захваченных зубьями пил, независимо от того, в какой части сырцового валика произошел захват волокон зубьями пил.

С целью выявления и количественной оценки факторов, влияющих на процесс нагружения волокон, составлена динамическая модель ударного нагружения волокон летучки, захваченных зубьями джинной пилы [1], [2], которая показана на рис. 1, где  $C_1$  – жесткость прядки волокон, захваченных зубом пилы;  $C_2$  – жесткость сырцового валика в направлении касательной к пиле в точке захвата волокон зубом пилы (по оси  $X$ );  $\Delta$  – перемещение зуба пилы, связанное с выборкой слабины волокон летучек;  $V_1$  – окружная скорость зубьев пилы;  $V_2$  – проекция скорости сырцового валика на ось  $X$ ;  $P_{св}$  – тангенциальная составляющая силы давления сырцового валика;  $X_1$  – координаты движения зуба пилы;  $X_2$  – координаты движения летучек в направлении оси  $X$ ;  $m$  – масса летучки или дольки.

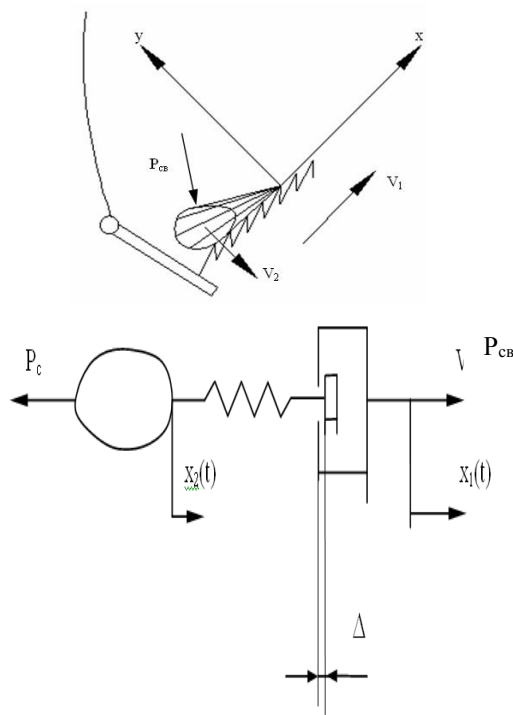


Рис. 1

При составлении модели сделаны следующие допущения:

- так как нас интересует нагружение в начальный период, то демпфирующим свойством волокна и сырцового валика пренебрегаем;
- силу давления сырцового валика считаем постоянной.

Когда "слабина" волокон еще не выбрана, то летучка движется вместе с сырцовым валиком со скоростью  $V_2$  [3]. После выборки "слабины" начинается динамическое (ударное) нагружение волокна и летучки, то есть системы в целом.

Напишем выражения для потенциальной и кинетической энергии системы. Потенциальная энергия системы будет:

$$\Pi = \frac{C_1(X_1 - X_2)^2}{2} + \frac{C_2(X_2 - V_2 t)^2}{2}.$$

Кинетическая энергия будет равна:

$$T = \frac{mX_2^2}{2}.$$

По результатам теоретических исследований получено уравнение для расчета мак-

$$P_{Y_{\max}} = \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} (V_1 - V_2) \sqrt{\frac{m}{(C_1 + C_2)}} + \frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2)} (V_1 t - V_2 t) + \frac{\left( \frac{2\mu(\omega_1 - \omega_2)r_1^2 r_2^2}{r^2(r_2^2 - r_1^2)} \right) C_1}{(C_1 + C_2)}.$$

Из анализа выражения следует, что существенную роль в динамическом нагружении волокна играет скорость сырцового валика  $V_2$ . Следует отметить, что, управляя  $V_2$  (с позиции увеличения до значений, при которых не нарушается захват, как считал проф. Тютин П.Н., это значение определяется равенством  $V_2 = 0,5V_1$  [4]), можно управлять процессом джинирования, обеспечивая более щадящее воздействие пил на волокно, благодаря чему снизится его механическая поврежденность.

С целью подтверждения результатов теоретических исследований выполнены экспериментальные исследования, которые проведены на специальной лабораторной технологической линии, имеющей в своем составе, стендовую установку 30-пильного джина [5], [6].

Вышеуказанная лабораторная линия, кроме стендовой установки пильного джина,

симальной нагрузки при  $\sin W_0 t = 1$ , которая имеет следующий вид:

еще включала в свой состав конденсор волокна КВ-03, используемый в транспортной системе подачи хлопка-сырца в пильный джин, питатель с одним колковым барабаном и шахтой, прямоточный одноцилиндровый волоконоочиститель, конденсор волокна КВ-1 и трубопроводы для подачи хлопка-сырца и волоконоотводы.

Очистка хлопка-сырца осуществлялась на стенде поточной линии УХК, с учетом его качественных исходных показателей, в соответствии с рекомендациями по выбору оптимальных планов очистки хлопка-сырца в зависимости от засоренности и влажности исходного сырья [7], [8].

Качественные показатели хлопка-сырца, исходного и после очистки, приведены в табл. 1.

Скорость вращения сырцового валика в процессе джинирования определялась с помощью тахометра с часовым механизмом марки СК типа 751 [9].

Т а б л и ц а 1

Хлопок-сырец	Засоренность, %	Влажность, %	Заключенность, %	Механическая поврежденность, %
Исходный	8,12	9,90	0,33	2,0
После очистки	0,93	9,35	0,3	2,7

Для этих целей в стенке фартука рабочей камеры джина была вырезана специальная щель размером 3x40 мм. Средством для замера служил специальный зубчатый диск диаметром 60 мм, установленный на оси вращения тахометра. При контакте зубьев диска с сырцовым валиком через щель в рабочей камере происходило его вращение с окружной скоростью данного участка сырцового валика, значения которой определяли по тахометру.

Производительность пильного джина определяли по массе выработанного во-

локна за время опыта. Регулирование подачи хлопка-сырца в рабочую камеру проводили по показанию амперметра, включенного в электрическую цепь привода пильного цилиндра.

Плотность сырцового валика определяли делением его массы на величину внутреннего объема рабочей камеры, а удельный расход электроэнергии – отношением величины потребляемой джином мощности к количеству выработанного за фиксированный промежуток времени волокна.

Волокнистость сырцового валика определялась посредством переработки массы образца сырцового валика на 10-пильном джине.

Качественная оценка осуществлялась посредством лабораторных анализов средних образцов хлопка-сырца, волокна и семян, отобранных равномерно в течение каждого опыта. Определялись: по хлопку-сырцу – влажность, засоренность, заулю-

ченность, механическая поврежденность семян; по волокну – сорт, класс, массовая доля пороков и сорных примесей; по семенам – полная опушенность, механическая поврежденность.

Полученные результаты количественных и качественных показателей приведены в табл. 2 (изменение показателей процесса джинирования в зависимости от скорости вращения сырцового валика).

Таблица 2

Скорость сырцового валика, м/с	Производительность, кг волокна на пилу в ч	Волокно					Семена		Сырцовый валик	
		массовая доля пороков и сорных примесей, %					полная опушенность, %	механическая поврежденность, %	масса, кг	плотность, кг/м <sup>3</sup>
		всего	в том числе							
			сор	улюк	битые семена	кожица с волокном				
1,2	9,2	6,25	2,76	0,3	1,75	1,44	11,8	4,4	28,8	224
1,68	9,5	6,09	2,72	0,28	1,66	1,34	12,1	4,2	28,0	216
1,83	10	5,82	2,72	0,28	1,54	1,28	12,8	3,9	27,0	210
2,01	10,4	5,65	2,68	0,21	1,52	1,24	13,0	3,1	26,5	206
2,18	10,6	5,59	2,66	0,21	1,5	1,22	14,1	3,2	25,5	193

Как видно из приведенного графика, с ростом скорости сырцового валика наблюдается снижение его плотности.

На рис. 2 приведен график изменения массовой доли пороков и сорных примесей в волокне в зависимости от скорости сырцового валика.

Как видно из приведенного на рис. 1 графика, с ростом скорости сырцового валика с 1,2 до 2,9 м/с наблюдается улучшение качества волокна [10], [11], как и ожидалось по результатам теоретических исследований.

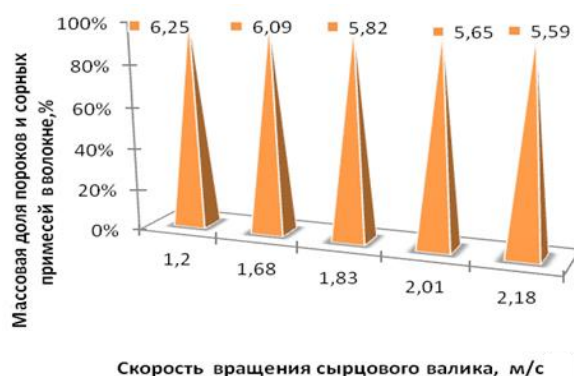


Рис. 2

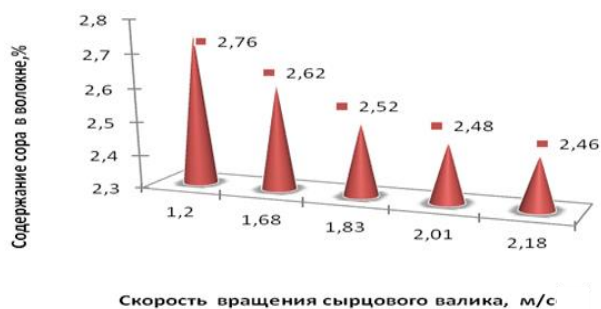


Рис. 3

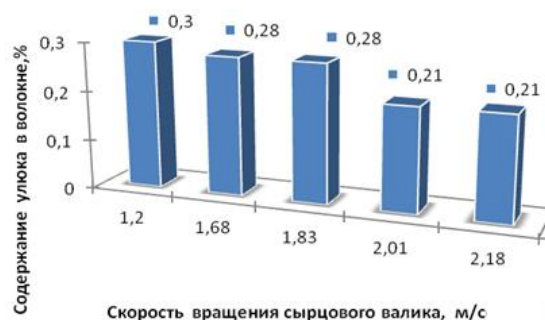


Рис. 4

На рис. 3 (изменение содержания сора в волокне в зависимости от скорости сырцового валика) и рис. 4 (изменение содержания улюка в волокне в зависимости от скорости сырцового валика) приведены графики изменения фракционного состава массовой доли пороков и сорных примесей в волокне в зависимости от скорости сырцового валика.

Как видно из приведенного на рис. 5 (изменение содержания битых семян в волокне в зависимости от скорости сырцового валика) графика, с ростом скорости сырцового валика, как и ожидалось, снижается содержание сора в волокне, но в данном случае большую роль играет конструкция ускорителя, то есть продольные колебания сырцового валика сообщаемые ускорителем, способствуют более интенсивному выделению сора с семенами.

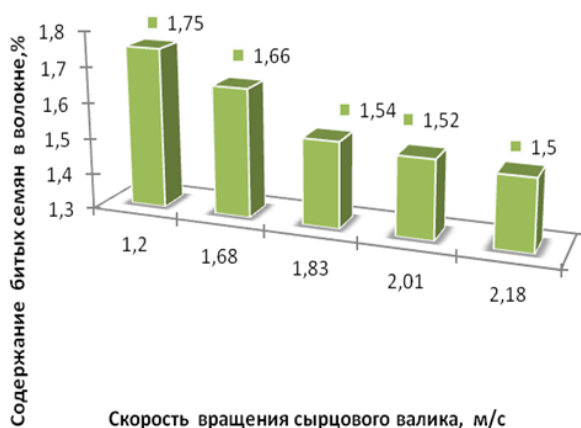


Рис. 5

Анализируя данные, приведенные в табл. 2 и на графиках, следует отметить, что изменение скорости вращения сырцового валика влияет на изменение основных показателей процесса дженирования, таких как производительность, качество волокна и семян, плотность сырцового валика.

При повышении скорости сырцового валика имеет место рост производительности, снижение его плотности, при этом наблюдается улучшение качества волокна и семян.

Так, если при скорости вращения сырцового валика, равной 1,83 м/с, усредненные значения производительности джина и плотности сырцового валика составляли соответственно: 12,2 кг волокна на пилу в ч;

347 кг/м<sup>3</sup>, то при скорости вращения сырцового валика 2,18 м/с производительность повысилась до 14 кг волокна на пилу в ч при плотности сырцового валика 403 кг/м<sup>3</sup>.

При этом, если усредненные значения массовой доли пороков и сорных примесей в волокне при скорости вращения сырцового валика 1,83 м/с составляли 5,64% (абс.), а полной опушенности семян – 14,1%, то при 2,18 м/с усредненные величины этих показателей равны соответственно 6,66% (абс.) и 13,0%, то есть имеет место ухудшение их качества.

Снижение качества волокна объясняется увеличением в нем содержания сора, битого семени и кожицы с волокном, вследствие повышения массы и соответственно плотности сырцового валика, полная опушенность семян после джина по мере повышения частоты вращения сырцового валика падает из-за повышения плотности сырцового валика, усиления воздействия пыльного цилиндра [12].

## ВЫВОДЫ

1. Увеличение скорости вращения сырцового валика в процессе пыльного дженирования ведет к снижению динамической нагрузки на волокно, в результате чего уменьшается укорачивание и механическая поврежденность волокна, улучшается его качество.

2. Увеличение скорости вращения сырцового валика положительно сказывается на всех показателях процесса пыльного дженирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аззамов М.М., Юнусов С.З., Гафуров Ж.К. О технологическом развитии первичной переработки хлопка с использованием новой сушильно-очистительной установки / Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия. – 2017. Т. 254, № 8.
2. Эли Уитни / Патент на хлопковый джин, США (1794 г.).
3. Бернард П. Корбман. Текстильные волокна к ткани. McGraw-Hill International editions. – 1988.
4. Аззамов М. Исследование нового джина с малогабаритной рабочей камерой // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №1. С.26...29.



5. Агзамов М., Агзамов М.М., Маджидов Ж.Ф. Пути снижения содержания пороков в хлопковом волокне в процессе пыльного дженирования // Изв. вузов, Технология текстильной промышленности. – 2007, №3. С. 34...37.

6. Махкамов Р.Г., Агзамов М. Выбор параметров закалки джиновых и линтерных колосников // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 2. С. 101...104.

7. Юнусов С.З. Динамический анализ трехмассовой системы пилы с сопротивлением хлопка и исследование влияния на качество волокна // Европейские прикладные науки. – 2015, № 3. С. 79...85.

8. Юнусов С.З. Регулятор ускорителя пыльного джина / Патент Узб IAP №03021, (2006).

9. Юнусов С.З. Новая конструкция ускорителя сырцового валика пыльного джина // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности. – Иваново, 2013.

10. Проведенные исследование по улучшению конструкции джиновой пилы: Исследование июль-август 2020 ISSN: 0193-4120 Стр. № 3908 - 3917 Издатель: Отчет 3917 The Mattingley Publishing Co., Inc. (заключение) /Pakhtasanoatilm. – Ташкент, 2003.

11. Салохиддин Юнусов, Мирсалих Агзамов, Мирхосил Агзамов, Наджмиддин Камолов, Ханимкул, Пардаев. Влияние джиннинга на лопаточный валковый сырой роллерный джин // Джин-инжиниринг и менеджмент, США, Окленд, июль-август 2020 г., ISSN: 0193- август 2020 г., ISSN 3908-3917.

## REFERENCES

1. Agzamov M.M., Yunusov S.Z., Gafurov Zh.K. O tekhnologicheskom razvitii pervichnoy pererabotki khlopka s ispol'zovaniem novoy sushil'no-ochistitel'noy ustanovki / Seriya konferentsiy IOP: Materialovedenie i inzheneriya. – 2017. T. 254, № 8.

2. Eli Uitni / Patent na khlopkovuyu dzhin, SShA (1794 g.).

3. Bernard P. Korbman. Tekstil'nye volokna k tkani. McGraw-Hill International editions. – 1988.

4. Agzamov M. Issledovanie novogo dzhina s malogabaritnoy rabochey kameroy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, №1. S.26...29.

5. Agzamov M., Agzamov M.M., Madzhidov Zh.F. Puti snizheniya sodержaniya porokov v khlopkovom volokne v protsesse pil'nogo dzhinirovaniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, №3. S. 34...37.

6. Makhkamov R.G., Agzamov M. Vybor parametrov zakalki dzhinnykh i linternykh kolosnikov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, № 2. S. 101...104.

7. Yunusov S.Z. Dinamicheskii analiz trekhmassovoy sistemy pily s soprotivleniem khlopka i issledovanie vliyaniya na kachestvo volokna // Evropeyskie prikladnye nauki. – 2015, № 3. S. 79...85.

8. Yunusov S.Z. Regulyator uskoritelya pil'nogo dzhina / Patent Uzб IAP №03021, (2006).

9. Yunusov S.Z. Novaya konstruktziya uskoritelya syrtsovogo valika pil'nogo dzhina // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Sovremennye naukoemkie tekhnologii i perspektivnye materialy tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – Ivanovo, 2013.

10. Provedennye issledovanie po uluchsheniyu konstruktzii dzhinnoy pily: Issledovanie iyul'-avgust 2020 ISSN: 0193-4120 Str. № 3908 - 3917 Izdatel': Otchet 3917 The Mattingley Publishing Co., Inc. (zaklyuchenie) /Pakhtasanoatilm. – Tashkent, 2003.

11. Salokhiddin Yunusov, Mirsalikh Agzamov, Mirkhosil Agzamov, Nadzhmiddin Kamolov, Khanimkul, Pardaev. Vliyanie dzhinninga na lopatochnyy valkovyy syroy rollernyy dzhin // Dzhin-inzhiniring i menedzhment, SShA, Oklend, iyul'-avgust 2020 g., ISSN: 0193- август 2020 g., ISSN 3908-3917.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 15.06.21.

## ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКА СЫРЬЕВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

### MARKET RESEARCH OF COMMODITY CROPS FOR THE TEXTILE INDUSTRY OF RUSSIA

*В.Н. СМИРНОВ*

*V.N. SMIRNOV*

(Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)

(Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs)

E-mail: vick33ru@mail.ru

*Статья посвящена изучению рынка сырьевых культур, используемых в текстильной промышленности Российской Федерации за период 2018-2019 гг.*

*The article is devoted to the study of the market of raw crops used in the textile industry of the Russian Federation for the period 2018-2019.*

**Ключевые слова:** текстильная промышленность, сырьевые культуры, экспорт, импорт.

**Keywords:** textile industry, raw crops, export, import.

В Российской Федерации в промышленном масштабе возделываются три основные культуры, которые используются в текстильной промышленности [1...3]. Львиная доля всего валового сбора приходится на лен-долгунец. Однако урожаи данной культуры в Российской Федерации падают на протяжении уже многих лет (рис. 1 – валовой сбор льна-долгунца (в пересчете на волокно) в 1992 – 2019 гг., тыс. т). Так, если в 1992 г. после распада СССР в стране было собрано 77,9 тыс. т данной культуры в переводе на волокно, то в 2019 г. – всего 38,5 тыс. т, что более чем на 50% меньше показателя 1992 г. В то же время в сравнении с 2018 г. объем валового сбора вырос на 4,9%. Такой спад к показателю 1992 г. объясняется сокращением посевных площадей под данную культуру. В частности, в 2013 – 2019 гг. они были "урезаны" на 8,9% до 50,3 тыс. га, против 55,2 тыс. га в 2013 г. Стоит отметить, что в сравнении с 2018 г. значение показателя, напротив, выросло на 12,4%, а в 2020 г. относительно 2019 г. по

оперативным данным Министерства сельского хозяйства РФ – на 5,8% до уровня 53,2 тыс. га. Необходимо сказать, что в структуре всех посевных площадей в стране на долю льна-долгунца приходится всего около 0,1% совокупного объема.

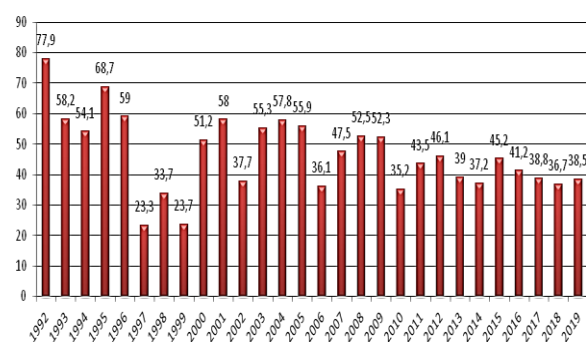


Рис. 1

Ведущим регионом по объемам возделывания льна-долгунца является Омская область. В 2019 г. на долю региона пришлось 14,3% совокупного объема валового сбора в стране. Однако в сравнении с

2018 г. урожай в данном регионе снизился на 3,6%.

Иначе обстоит дело в Тверской области, которая занимает второе место в рейтинге регионов по показателю валового сбора. В 2019 г. доля этого региона составила 12,9%. В сравнении с 2018 г. урожай льна-долгунца в регионе вырос на 10,6%.

Замыкает тройку ведущих регионов в 2019 г. Алтайский край, где с полей было собрано 4,9 тыс. т данной культуры в пересчете на льноволокно (рис. 2 – ведущие регионы в валовом сборе льна-долгунца (в пересчете на льноволокно) в 2018 г. и 2019 г., тыс. т). Регион продемонстрировал впечатляющий рост урожая. В сравнении с 2018 г. валовой сбор увеличился на треть. Доля Алтайского края в совокупном объеме составила 12,8%.

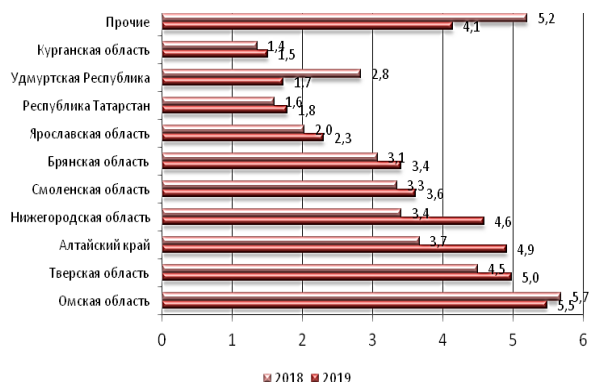


Рис. 2

В 2019 г. с полей также было убрано 2,4 тыс. т среднерусской конопли (в пересчете на волокно) и 225,8 т хлопка-сырца. За один год валовой сбор данных культур вырос соответственно на 54,9% и в 2,2 раза.

Лидирующую позицию по объемам урожая среднерусской конопли в 2019 г. заняла Пензенская область, где была собрана 661 т данного вида культуры в пересчете на волокно, что составляет 27,5% всего урожая в стране. Объемы валового сбора в регионе за один год выросли на 1,7%.

Хлопок-сырец в Российской Федерации в промышленном масштабе выращивается всего в четырех регионах. В 2019 г. урожай данной культуры в Ставропольском крае составил 128,4 т, в Республике Дагестан –

40 т, в Волгоградской области – 31,5 т и в Астраханской области – 25,9 т.

В силу небольшого объема выращивания хлопка в стране большая часть сырья завозится из-за рубежа, в виде волокна. В 2019 г. в страну было импортировано 36,3 тыс. т хлопкового волокна, включая хлопковые отходы, общей стоимостью 59,7 млн. дол. США. В сравнении с 2018 г. объемы поставок в натуральном выражении снизились на 21,7%. По итогам первых шести месяцев 2020 г. импорт сократился в сравнении с аналогичным периодом годом ранее на 22,5%.

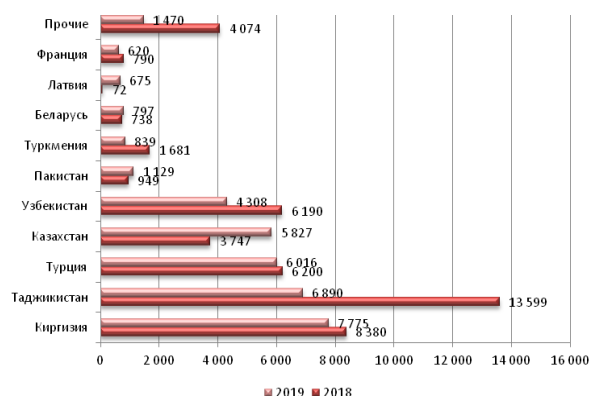


Рис. 3

Крупнейшими странами-производителями в импорте хлопкового волокна в Россию выступают Киргизия, Таджикистан, Турция, Казахстан и Узбекистан. В общей сложности на их долю в 2019 г. пришлось 84,8% всего совокупного объема. В сравнении с 2018 г. российские компании увеличили объемы закупок хлопка производства Казахстан в 2019 г. на 55,5%. Спрос на хлопок остальных ведущих стран-производителей снизился по итогам года. Наиболее ощутимое сокращение объемов поставок пришлось на продукцию производства Таджикистана и Узбекистана. Значения показателя упали на 49,3% и 30,4% соответственно (рис. 3 – ведущие страны-производители хлопкового волокна и отходов хлопка в импорте в Россию в 2018 г. и 2019 г. т).

Крупнейшими регионами-импортерами рассматриваемого вида продукции в 2019 г. стали Москва, Ивановская, Московская, Волгоградская и Рязанская области (рис. 4

– ведущие регионы-импортеры хлопка и отходов из него в 2018 г. и 2019 г., т). Совокупная доля этих регионов составила более 92,3%. В сравнении с 2018 г. отмечалось существенное сокращение объемов импорта столичными предприятиями – на 20,8% и компаниями Волгоградской области – на 64,5%. В то же время предприятия Московской области нарастили объемы закупок за один год на 37%. Также в 2019 г. можно отметить, существенное увеличение спроса на импортное хлопковое сырье в Ростовской области и Санкт-Петербурге, в 20,5 раз и в 15 раз соответственно в сравнении с 2018 г.

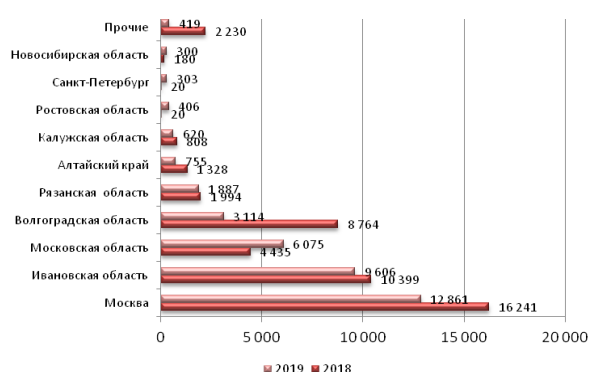


Рис. 4

Также в 2019 г. в Россию было импортировано почти 4,8 тыс. т льна и отходов из него, что на треть больше, чем годом ранее. В январе - июне 2020 г. объемы поставок из-за рубежа снизились на 22,1% в сравнении с аналогичным периодом годом ранее. Основу закупок российских компаний составляет продукция белорусского производства, в частности, в 2019 г. ее доля в совокупном объеме составила 95,5%.

Что касается экспортного направления, то здесь российским компаниям похвастаться особо нечем. В 2019 г. за рубеж было отгружено 4,5 тыс. т льна и отходов из

него и 748 т хлопкового волокна и отходов из хлопка. Отметим, что экспорт рассматриваемого вида сырья за один год серьезно вырос. Объемы поставок льна и отходов из него увеличились в 2,1 раза, экспорт хлопкового волокна вырос на 28,3%.

Крупнейшими регионами-экспортерами льна в 2019 г. стали Смоленская область – 1583 т, Алтайский край – 562 т и Брянская область – 559 т. Почти 3,9 тыс. т продукции было отгружено в Китай, что составило 85,3% всего экспортированного объема.

Наибольшие объемы в экспорте хлопкового волокна и отходов из хлопка в 2019 г. пришлось на Московскую область – 264 т и столичный регион – 260 т. На доли этих субъектов в совокупном объеме пришлось 70% всего экспорта. Основными странами-покупателями выступили Беларусь – 395 т, Польша – 158 т и Латвия – 103 т.

Таким образом, можно говорить о положительной динамике развития рынка сырьевых культур для текстильной промышленности России.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт Федеральной службы государственной статистики // <https://www.fedstat.ru>
2. Сайт Евразийского экономического сообщества // <http://www.eurasiancommission.org>
3. Сайт Федеральной таможенной службы // <http://www.customs.ru>

#### REFERENCES

1. Sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki // <https://www.fedstat.ru>
2. Sayt Evraziyskogo ekonomicheskogo soobshchestva // <http://www.eurasiancommission.org>
3. Sayt Federal'noy tamozhennoy sluzhby // <http://www.customs.ru>

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга. Поступила 27.10.20.

УДК 677.025

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_97

**АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА ВЕРХНЕГО ТРИКОТАЖА  
НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ  
КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА**

**DESIGN ALGORITHM OF UPPER KNITTED ELEMENT  
BASED ON MODERN ADVANTAGES OF COMPUTER ENGINEERING**

*Н.А. МЯННИК, С.И. ПИВКИНА*

*N.A. MYANNIK, S.I. PIVKINA*

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

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

E-mail: yusmk@mail.ru

*Статья содержит основные этапы проектирования трикотажных полотен с использованием вязальных машин с электронным управлением (фирм Stoll и Steiger). Разработка полотна включает стадии системного анализа, преимущественно оптимизирующего процесс производства трикотажных изделий от этапа эскизирования до получения готового изделия. Исследование базируется на изготовлении элемента верхней одежды, юбки прямого силуэта, по технологии частичного вязания с сравнением особенностей технологических возможностей плосковязального оборудования.*

*This article contains the main stages of designing knitted fabrics using electronically controlled knitting machines from Stoll and Steiger. The development of the fabric includes the stages of system analysis, mainly optimizing the production of knitted products from the stage of sketching to obtaining the finished product. The study is based on the manufacture of an element of outerwear, a skirt of a straight silhouette, using the technology of partial knitting with a comparison of the technological capabilities of flat knitting equipment.*

**Ключевые слова:** проектирование, программирование, технология частичного вязания, расчет и подбор параметров.

**Keywords:** design, programming, technology of partial knitting, calculation and selection of parameters.

Основой обеспечения производства модных, востребованных трикотажных изделий высокого качества является комплексный подход взаимодополняющих программных и технических решений, включающих как полностью автоматизированные процессы, так и решения, связанные с художественной интерпретацией замысла.

Целью данного исследования является описание алгоритма последовательного проектирования изделия от эскиза до готовой продукции.

Современная методика проектирования изделия включает следующие этапы:

- разработка художественных и рабочих эскизов;
- составление графической записи структуры переплетения и на ее базе программы, интегрированной в систему вязания вязальной машины;
- определение технологических параметров выбранного оборудования (глубина кулирования, скорость вязания, величина оттяжки полотна);
- разработка опытных образцов;
- отлеживание и влажно-тепловая обработка образцов и последующая корректировка параметров вязания с учетом усадки/притяжки;
- расчет структурных параметров разработанных образцов (петельный шаг  $A$ , мм; высота петельного ряда  $B$ , мм; поверхностная плотность материала  $\rho$ , г/м<sup>2</sup>);
- проектирование изделия (построение лекал, перевод геометрических размеров в петельную структуру);
- выработка полотен;
- посадка на манекен;
- влажно-тепловая обработка изделия.

На первом этапе предварительного эскизирования зачастую участвует дизайнер. В его задачи входит учитывание объективных и также проявление субъективных подходов при создании эскизов будущего изделия. К проектированию трикотажных полотен относят методы эскизно-графический и макетно-материальный. Эскизно-графический метод заключается в воплощении художественного замысла в форме графически выполненных эскизов с последующим

отбором наилучшего решения. Рабочий эскиз утверждается на основе заключительного творческого решения и отражает разработку изделий с учетом способа выработки, орнамента, цвета, структуры переплетения и всех заправочных данных.

В нашем случае был выбран элемент верхней одежды, вырабатываемой регулярным способом – юбка прямого силуэта с рельефно-рисунчатым эффектом. Преимуществом регулярного способа является экономное использование сырья, снижения трудозатрат на пошив, улучшенный внешний вид изделия. В качестве рельефного эффекта закладывается вязание валиков на базе комбинирования переплетений ластика 1+1 и глади. Рисунчатый эффект достигается благодаря технологии вязания неполных петельных рядов на некоторых участках и расчету ходов каретки таким образом, чтобы на поверхности полотна получились шарообразные формы.

Дальнейшее проектирование изделия связано с построением графика прокладывания нити, отражающим вид выбранного переплетения. Последующая интеграция построенного графика прокладывания нити в условно-графические символы программной среды связана непосредственно со специализированным оборудованием, так как именно от фирмы-производителя вязального оборудования зависит и используемый, для дальнейшей обработки, программный продукт.

Современные программы подготовки рисунка – это комплекс подпрограмм, позволяющих не только редактировать структуру будущего изделия, но и редактировать его форму, позволяя сформировать программу с учетом различных технологических операций, таких, например, как сбавки, прибавки, вязание неполных петельных рядов и др.

Приведем некоторые особенности проектирования изделий в системах программирования фирм Steiger и Stoll.

Логика программ подготовки рисунка к вязанию приблизительно одинакова, в зависимости от производителя продукта, она включает в себя следующие этапы [4]:



- выбор масштабных параметров проектируемого дизайна полотна или купона;
- выбор вида заработка начальных рядов содержащего и участок разделительного ряда;
- создание структуры полотна с помощью символьного обозначения с возможностью оперирования модулями для ускорения процесса программирования;
- расстановка позиции нитеводителей и установка порядка их работы;
- выбор параметров вязания образца или купона, установка средних значений глубины кулирования, скорости вязания, усилия оттяжки полотна;
- проверка программы на наличие технических ошибок.

Отличительными характеристиками программирования в современной электронной системе является возможность создания полотен как по стандартным параметрам, так и наиболее сложных форм в подпрограммах "Форма" и "Редактор покроя". Для машин системы KW существует вариант программирования в редакторе "Knit and wear" – вязание 3D-трикотажа.

Современные системы регулировки технологических параметров имеют возможность автоматическим способом управлять процессом вязания каждого ряда трикотажного полотна, например, управлять оттяжкой полотна в зависимости от ширины участка вязания, пропорционально понижая усилие оттяжки при уменьшении ширины изделия, управлять кулирными клиньями, непосредственно в процессе вязания, позволяя менять величину петли в пределах одного петельного ряда, управлять скоростью выполнения технологических

операций, будь то процесс петлеобразования или петлепереноса.

Функциональность современных программ схожа, отличия лишь в выбранном интерфейсе, например, в интерфейсе программы M1+ (фирма Stoll) предусмотрены функциональные обозначения, зафиксированные за определенными операциями, что позволяет быстрее выполнять задачи. Машины класса "multi gauges", как известно, способны выпускать изделия с размером петель, соответствующим двум разным классам вязальной машины. Это достигается за счет использования составной конструкции игл, в которых стержень, как правило, соотносим с более высоким классом машины и позволяет устанавливать большее количество игл в игольницу, при этом головка иглы соотносится с более низким классом машины и позволяет использовать пряжу более высокого текста, что обеспечивает при вязании, через одну иглу, получать трикотажное полотно, соответствующее более низкому классу. При проектировании изделий имеется возможность комбинировать по зонам участки вязания с высоким и более низким классом вязальной машины, получая интересные эффекты на трикотажных полотнах.

Пример разработки тождественных элементов программ технологии частичного вязания приведен для систем вязания Model и M1+, рис. 1 (пример вязания неполных петельных рядов в программе Model) и рис. 2 (пример вязания неполных петельных рядов в программе M1+: а – программа вязания до автопреобразования структуры; б – программа вязания после автопреобразования структуры) соответственно.

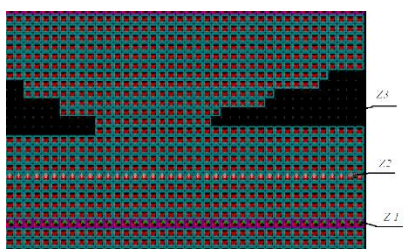


Рис. 1

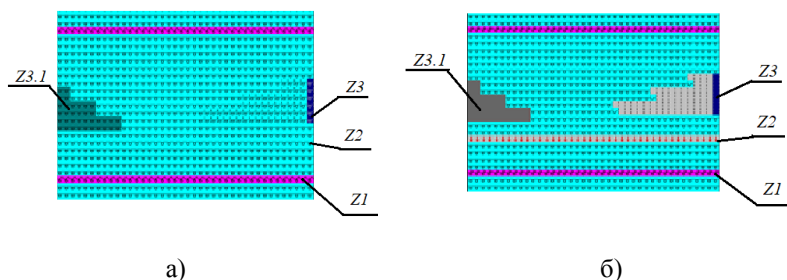


Рис. 2

На рисунках выделены зоны вязания: Z1 – зона образования петельных рядов с набросками на дополнительную игольницу; Z2 – зона переноса элементов структуры с дополнительной игольницы на основную; Z3, (Z3.1) – зоны вязания неполных петельных рядов.

При сравнении программ, выполненных в разных системах, можно видеть, что визуально программы отличаются только внешним видом символов, зоны, указанные на рис. 1 и 2, идентичны. Основные отличия в том, что интерфейс программы M1+ позволяет создавать зону частичного вязания разными способами: так, зона Z3 – выполнена с использованием элемента кромки и прорисовки участка частичного вязания, а зона Z3.1 – выполнена с использованием элемента "вне формы" и также прорисовки участка частичного вязания (рис.2-а). Кроме того, программа M1+ на следующем этапе программирования, в автоматическом режиме, преобразовывает программу, дополняя ее визуализацией выполняемых технологических операций, таких как перенос петель с дополнительной игольницы на основную, а также автоматически вырезая участок вязания неполных петельных рядов в районе кромки (зона Z3, рис.2-б), что облегчает работу с данным интерфейсом.

Во время программирования образца по технологии вязания неполных петельных рядов важно отслеживать четность ходов вязальной каретки и движения нитеводителей. Участок частичного вязания формируется с учетом ширины изделия (высоты) и раппорта мотива, поэтому необходимо контролировать параметры вязания, такие как плотность, скорость провязывания петельных рядов и оттяжка полотна. Особенно важным является корректировка параметров оттяжки. Недостаточная оттяжка может привести к подъему петель на иглах при выполнении операции заключения в процессе петлеобразования, при этом необходимо избежать и срыва петель с игл, не участвующих в вязании на данном участке, который связан с перетяжкой полотна, а также необходимо обеспечить дальнейшее свободное провязывание выступающих игл, находящихся под нагрузкой натяжения пе-

тель, образованных в предыдущих петельных рядах.

Таким образом, от правильности программирования и обоснованного выбора технологических параметров зависит процесс петлеобразования и качество вырабатываемого полотна.

Следующим шагом является выработка опытных образцов. После чего опытные образцы подвергают отпариванию или отглаживанию с использованием парооборудования.

По фактическим размерам образцов производят расчет расхода сырья на трикотажное изделие.

Алгоритм расчета образцов производится в следующей последовательности [2]:

- определение петельного шага  $A$  (мм), высоты петельного ряда  $B$  (мм);
  - расчет количества элементов структуры трикотажа, входящих в раппорт узора (остовов лицевой и изнаночной сторон, протяжек, набросков);
  - определение длин каждого элемента,  $o_{л}, o_{и}$ , протяжки видов  $e, b, c$  и т.д., мм;
  - расчет расхода нити для образования раппорта изделия  $l_i$ , мм;
  - определение массы конкретной нити  $m_i$ , г;
  - определение процентного соотношения нитей в раппорте  $X_i, \%$ ;
  - поверхностная плотность полотна  $\rho$ , г/м<sup>2</sup>;
- Для регулярных изделий, вырабатываемых в виде штучных деталей, на плосковязальных машинах необходимы также следующие параметры:
- число работающих игл на каждом участке купонов  $I$ , шт;
  - определение участков сбавок и прибавок при изменении ширины детали;
  - определение деталей массы по расчетным участкам и переплетениям  $M_d$ , г;
  - определение массы отходов  $M_{отх}$ , г.

При выработке изделий учитывается желаемый характер прилегания к фигуре: изделия могут быть обтягивающими, прилегающими или иметь свободную форму. Ширина изделий обтягивающей формы меньше размеров, соответствующих им, обхватов фигуры. Такие изделия должны обладать высокими растяжимыми свойст-



вами. Ширина прилегающей формы приблизительно равна обхватам, поэтому изделия должны также обладать большой растяжимостью для обеспечения свободы движения человека. Ширина свободной формы превышает значения обхватов, следовательно, изделиям придают наименьшую

способность к деформации, так как присутствует большой припуск на свободу движения [3].

В табл. 1 приведены характеристики проектируемого полотна (характеристики и параметрические особенности проектируемого изделия).

Т а б л и ц а 1

Характеристики изделия: юбка женская	Петельный шаг А, мм; высота петельного ряда $V_{д}, V_{и}$ , мм;	Поверхностная плотность материала $\rho$ , г/м <sup>2</sup>	Количество игл, участвующих в вязании I, шт	Сбавки и прибавки	Масса изделия $M_{изд}$ , г
Прилегающий силуэт; соединение двух сторон - боковыми швами; ширина детали: $Ш_{д} = 300$ мм; длина изделия: $Д = 567$ мм	$A = 2,7$ ; $V_{д} = 1,51$ ; $V_{и} = 7,2$	485,68	210	нет	168,3

Следует отметить, что конструкторская подготовка требует формирования пакета лекал. Геометрические размеры устанавливаются в соответствии со стандартами параметров фигуры человека или измеряются методом снятия мерок с живой модели, либо с манекена. Перевод параметров ширины и длины изделия осуществляется с использованием значений петельного шага А и высоты петельного ряда В.

Существует более консервативный способ построения чертежа измерительно-начертательными инструментами. С точки зрения оптимизации процесса целесообразно воспользоваться современными автоматизированными системами проектирования (САПР). Российские разработчики предлагают систему АССОЛЬ, разработанную на основе AutoCAD Autodesk. В системе проектирования реализованы макросы, которые способствуют быстрому созданию различных моделей и деталей изделий [4]. Параметры построения подходят для любого типа фигуры и позволяют проектировать различные виды воротников, рукавов.

В САПР Stoll существует возможность разрабатывать модель напрямую в подсистеме Shape Editor. Опция представляет собой порядок ввода размеров прямоугольника, описанного вокруг объекта. Расчет

сбавок и прибавок выполняется сначала вручную, затем вносится в подсистему. Подсистема Shape Editor также предназначена для создания цельновязаного трикотажа. Недостатком является отсутствие аналогичных инструментов, внедренных в систему, поэтому базовые формы не могут изменяться параметрически, как следствие, происходит большой расход сырья на производство образцов и некачественная посадка готового изделия.



Рис. 3

При проектировании юбки отсутствуют сбавки и прибавки. В ширину игольницы закладывается длина изделия полотна. Вырабатываются две половины изделия и затем сшиваются. Полученное изделие представлено на рис. 3. Посадка на манекен осуществлялась методом наколки.

Для достижения равновесного состояния трикотажа проводится заключительный этап влажно-тепловой обработки.

## ВЫВОДЫ

На основании выработки изделия с использованием технологии вязания неполных петельных рядов установлен алгоритм разработки трикотажных полотен от этапа создания художественного эскиза до воплощения его в готовом изделии.

- Выявлено, что в результате первого этапа проектно-эскизной работы составляется обоснование выбора будущего вида изделия и утверждаются данные проектных характеристик, включающие способ выработки изделия, узор, структуру переплетения.

- Установлено, что программирование в системе M1+, в отличие от Model, позволяет оптимизировать работу благодаря функциональным параметрам интерфейса. Результат работы в двух программах проиллюстрирован.

- Проанализированы некоторые способы проектирования пакета лекал в автоматизированных системах АССОЛЬ и подсистеме Shape Editor. Недостатком САПР Stoll является индивидуальный подход в системе проектирования изделия и неприемлемость его в других продуктах программирования.

- Исследован алгоритм технологического расчета проектирования изделия регулярным способом, приведены параметрические характеристики юбки.

- Разработано изделие на базе комбинирования переплетений ластика 1+1 и глади с целью получения рельефного эффекта на грифе полотна в виде валиков и рисунчатого эффекта в виде шарообразной формы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по эксплуатации узоробразующего устройства Stoll M1, Version number: 3.2 N. Stoll GmbH & Co/ KG, Germany, 2005. P. 1033.

2. Кудрявин Л.А., Колесникова Е.Н., Заваруев В.А. Основы проектирования инновационных технологий трикотажного производства. – М.: МГУДТ, 2016.

3. Колесникова Е.Н., Кудрявин Л.А., Галактионова А.Ю., Муракаева Т.В. Разработка программ для плосковязальных машин фирмы "Steiger". – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2008.

4. Кобляков В.А., Лукин А.С. Sintral-управление процессом вязания: производственно-практическое издание. – М.: Экон-информ, 2014.

## REFERENCES

1. Instruksiya po ekspluatatsii uzoroobrazuyushchego ustroystva Stoll M1, Version number: 3.2 N. Stoll GmbH & Co/ KG, Germany, 2005. R. 1033.

2. Kudryavin L.A., Kolesnikova E.N., Zavaruev V.A. Osnovy proektirovaniya innovatsionnykh tekhnologiy trikotazhnogo proizvodstva. – M.: MGUDT, 2016.

3. Kolesnikova E.N., Kudryavin L.A., Galaktionova A.Yu., Murakaeva T.V. Razrabotka programm dlya ploskovyazal'nykh mashin firmy "Steiger". – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2008.

4. Koblyakov V.A., Lukin A.S. Sintral-upravlenie protsessom vyazaniya: proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie. – M.: Ekoninform, 2014.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 28.06.21.

## АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ХУДОЖЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРИКОТАЖА В ЭТНИЧЕСКОМ СТИЛЕ

### CURRENT METHODS OF ARTISTIC AND TECHNOLOGICAL DESIGN OF KNITWEAR IN ETHNIC STYLE

*Е.М. ЕРМОЛАЕВА, О.А. ВИГЕЛИНА, А.В. ТРУЕВЦЕВ*

*E.M. ERMOLAEVA, O.A. VIGELINA, A.V. TRUEVTSEV*

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: Trik@sutd.ru

*В работе рассмотрены актуальные вопросы художественно-технологического характера. Определены основные методы художественного проектирования трикотажа в этническом стиле. Проведен эксперимент с целью предоставления дизайнерам ориентиров при выборе технологии вязания орнаментов в народном стиле. Данные систематизированы в таблице с описанием, и составлен график-визуализация. Рассмотрены некоторые аспекты сырьевого состава изделий на российском рынке. Обозначены актуальные способы дизайн-проектирования трикотажа с этническими мотивами.*

*The paper is devoted to topical issues of artistic and technological nature. The main methods of artistic design of knitwear in ethnic style are defined. An experiment was conducted to provide designers with guidelines when choosing the technology of knitting ornaments in the folk style. The data is organized in a table with a description and a graph-visualization. Some aspects of the raw material composition of products on the Russian market are considered. Actual methods of designing knitwear with ethnic motifs are indicated.*

**Ключевые слова:** трикотаж, проектирование трикотажа, художественное проектирование трикотажа, дизайн трикотажа, этнический орнамент, трикотажная технология.

**Keywords:** knitwear, knitwear design, knitwear design, ethnic ornament, knitwear technology.

В конце XX - начале XXI вв. человечество достигло невероятных высот в области технологий по производству текстильной продукции, а трикотаж является неотъемлемой частью современной модной индустрии. Это один из наиболее динамично развивающихся секторов легкой промышленности [1]. Удивляющая нас скорость производства разнообразных изделий неразрывно сосуществует с такой проблемой, как перепроизводство и загрязне-

ние окружающей среды. В конце XIX - начале XX вв. производственники и ремесленники оценили такое преимущество трикотажной технологии, как минимальные отходы сырья. В то время еще остро не стоял экологический вопрос, но задача экономии ресурсов была актуальна не менее, чем в настоящее время. Трикотажная технология добилась в данном вопросе, пожалуй, самых больших результатов, создав бесшовное вязание. Данный

способ изготовления моделей довольно дорогостоящий, и не каждый производитель может позволить себе перестроить всю технологическую цепочку производства. А между тем, проблема экономии ресурсов остается актуальной для всей легкой промышленности в целом.

Вместе с тем, культуролог А. Демшина отмечает, что "...художники обращаются к этническому стилю для утверждения идеи гармонии человека с природой" [2]. В этом контексте производство вязаных изделий с этническим мотивами нагружается дополнительной ответственностью. Изготовителю данной продукции необходимо сделать одежду не только с конкурентноспособным дизайном, но и затратить при этом как можно меньше ресурсов.

#### *Постановка задачи*

Этнический стиль – одно из самых востребованных направлений в дизайне трикотажа [3]. Чаще всего основными композиционными доминантами в этноизделиях выступают геометрические формы. Они легко укладываются в орнаментальную структуру трикотажа и выглядят эффектно, при необходимости маскируя недостатки пряжи или огрехи проектирования. Так же позитивно этнические мотивы воспринимаются потребителем.

Современные возможности в области моделирования одежды обеспечивают дизайнеров всевозможными методами для проектирования востребованных изделий. Значительным шагом в данной области стали программные обеспечения (ПО), позволяющие создавать 2D- и 3D-модели. В трикотажном деле эти приложения помогают экономить пряжу, время вязания и иные затраты на изготовление образца (ВТО, время работников и т.д.). На этапе эскизирования мы получаем представление о готовом виде изделия, можем оценить его достоинства и недостатки. В таких ПО учтены разнообразные факторы: вид перерабатываемого сырья; структура, растяжимость полотна, его пластические свойства и т.д. Однако полноценно использовать все функции могут только подготовленные специалисты. Обучение, как правило, происходит в учебных центрах, организованных

разработчиками ПО. Это всегда дорогостоящий процесс. Да и множество небольших предприятий не имеют оборудования, на котором возможна реализация 3D-разработок. Тем не менее, важно, чтобы производители разных уровней оптимально использовали свои и природные ресурсы. Экономия начинается с дизайн-проекта. Разумно организованная работа художника-трикотажника – залог успеха всего мероприятия.

#### *Объекты и методы исследования*

Цель данной работы – выявление оптимальных методов художественно-технологического проектирования трикотажа с этническим орнаментом с точки зрения экономии различных ресурсов. Под ресурсами в данной работе мы подразумеваем: время на художественное моделирование; время вязания; сырье.

В настоящее время художественное моделирование вязаных изделий производится следующими методами: мануальными, при помощи цифровых технологий, и комбинированными [3]. Первый предполагает создание эскизов от руки разнообразными графическими средствами. Второй способ можно разделить на получение двухмерных и трехмерных изображений. Третий включает в себя различные этапы обоих методов.

Эскизы, созданные вручную – самый архаичный прием, используемый в художественном проектировании. Однако это не означает, что он потерял свою актуальность. Обилие художественных материалов, представленных на современном рынке, позволяет реализовывать на бумаге новые цвето-фактурные решения.

Компьютерные 2D-программы – наиболее распространенный метод дизайн-моделирования в современной фэшн индустрии. Самыми популярными графическими редакторами являются разработки компаний Adobe и Corel Draw [3]. Эти бренды имеют пакет программ для реализации растровых и пиксельных рисунков. Каждый из видов компьютерной графики служит своей цели. Так, векторные приложения удобны при создании облика целого изделия (модели), а пиксельные удобны как

для первой цели, так и для воплощения внешнего вида полотна. Пиксельная структура рисунка может быть интегрирована в большинство ПО вязальных автоматов, которые воспринимают каждый пиксель в качестве одной петли. Для этой цели может использоваться и довольно простое в эксплуатации приложение Microsoft-Paint. Минусом данной программы является возможность создания только орнамента для трикотажной структуры. Однако допустимо совместное использование рисунка, разработанного в Paint, с эскизом в векторном редакторе Corel Draw.

Существуют ПО, сделанные для моделирования вязанных структурных и фактурных решений, одно из них – EnvisioKnit [4]. Эта программа рассчитана на бытовые машины. Она позволяет создавать контур детали изделия, структуру трикотажа и ее визуализацию. Представление внешнего вида полотна довольно примитивное. Проблему визуализации трикотажа попытались решить в Российском государственном университете имени А.Н. Косыгина. На кафедре искусства костюма и моды разработана методика автоматизированного проектирования трикотажных полотен с заданными визуальными эффектами, и также сформирована информационная база данных светотеневых, оттеночных, ажурных и цветных эффектов на поверхности трикотажных полотен. Используя данные наработки, можно получить представление о конечном результате, не отвязывая образцы в материале [5]. К сожалению, данный продукт пока не получил широкого распространения.

Производителями вязального оборудования Stoll (Германия) [6] и Shima Seiki (Япония) [7] введены в оборот ПО для дизайна трикотажа. В программах "M1 Plus" (Stoll) и "SDS-ONE APEX" (Shima Seiki) учтены разнообразные аспекты художественно-технологического проектирования. Приложения 3D-визуализации позволяют увидеть модель в конечном варианте еще до провязывания образцов. Эту же возможность предоставляет ПО итальянского бренда Eneas [8]. Огромный ката-

лог форм, структур, фактур и переплетений трикотажа, а также допустимость введения точных параметров петли (высота и ширина), создают неисчерпаемый источник потенциалов для моделирования. Однако данная разработка дает представление только о внешнем виде, с программами для вязания интеграции нет.

Получить трехмерное изображение модели можно в редакторах, разработанных для текстильных изделий, самые популярные – Marwel design, CLO 3D, ASSIST Vidya и Асоль [9...12]. Но заявленные производителями трикотажные фактуры в действительности не дают ожидаемого эффекта.

Перейдем к времени вязания (ВВ). Известно, что ВВ зависит от структуры вырабатываемого переплетения, используемой пряжи и технической характеристики оборудования [13].

Чтобы дать рекомендации для художника-трикотажника на этапе проектирования изделия по ВВ, проведен эксперимент. Были выбраны наиболее распространенные структуры переплетений: двухцветное, трехцветное, четырехцветное жаккардовое; кулирная гладь; комбинированное переплетение на базе глади (сочетание лицевых и изнаночных петель); ажурное переплетение (рис.1 – изображения экспериментальных образцов: а) двухцветный жаккард; б) трехцветный жаккард; в) четырехцветный жаккард; г) гладь; д) комбинированное переплетение (сочетание лицевых и изнаночных петель); е) ажурное переплетение). Гладь введена в эксперимент в качестве базового образца.

Образцы выбранных структур переплетений отвязывались на двухсистемной плосковязальной машине Stoll (Германия) 8 класса из полушерстяной пряжи линейной плотности 31x2 текс. Все образцы имели одинаковые линейные измерения по количеству игл и петельных рядов 100x100; скорость вязания была идентичной – 0,55 м/с. Машинное ВВ образцов представлено в табл. 1 (зависимость времени вязания от структуры переплетения).

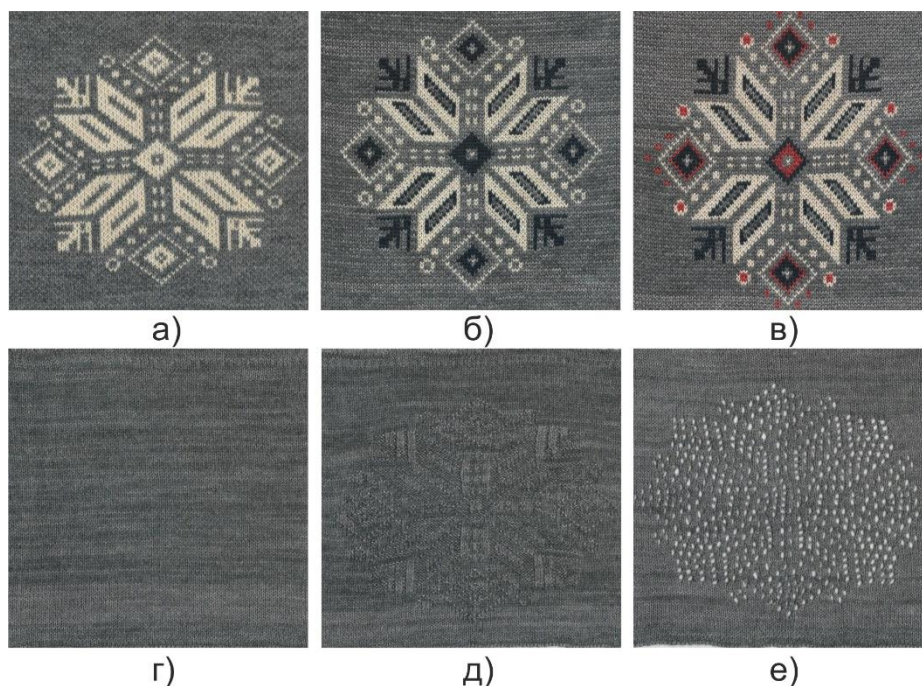


Рис. 1

Таблица 1

Переплетение	Машинное время вязания, мин	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>
Двухцветное жаккардовое	5,0	551
Трехцветное жаккардовое	9,24	549
Четырехцветное жаккардовое	10,18	606
Кулирная гладь	4,20	276
Комбинированное (сочетание лицевых и изнаночных петель)	6,20	282
Ажурное	7,43	280

Традиционно этнический стиль предполагает использование натуральных материалов [2]. Однако со временем утратилась устойчивая связь "этническое – натуральное". Чаще всего в современной трикотажной моде эксплуатируется сырье не полностью природного происхождения. В изделиях массового производства для снижения себестоимости модельного ряда для осенне-зимних коллекций популярны смесовые пряжи: 30% шерсти и 70% ПАН – для самой низкой ценовой категории; 50% шерсти и 50% ПАН – для средней ценовой линейки; не менее 70% шерсти – для люксового сегмента. В ассортименте весенне-летнего назначения применимы те же самые пропорции по ценовому уровню, только вместо шерсти используется хлопок. Эти данные носят общий характер и

описывают стандартный подход большинства трикотажных предприятий.

На российском рынке в настоящее время остался единственный шерстопрядильный бренд, предлагающий более или менее широкую линейку пряж, пригодных для промышленного вязания – Московская шерстопрядильная фабрика (ОАО "МШФ") [14]. Не менее известная Пехорская фабрика (ООО "Пехорский текстиль") [15], с недавних пор вошла в состав Московской, поэтому рассматриваем их как единое целое. В их ассортименте различные составы и цветовые варианты в регулярных коллекциях. К сожалению, колористическая гамма пряжи из постоянных коллекций обновляется не так часто, как модные тенденции. Богатый выбор нитей предлагают итальянские, немецкие и ту-



рецькие брэндэ, аднак іх коштаваць іх прадукцыі значна вышэй, чым у адчуждзеных фабрык. Больш нізкую цэну на сваю прадукцыю прапанаваць беларускія фабрыкі, але якасць гэтай пражы дазваляе вырабляць вырабы толькі нізкага цэнавага сегмента. Некаторыя расійскія вязальныя прадпрыемствы прыстасаваліся закупіць стокавыя калекцыі пражы ў еўрапейскіх краінах. Цэна на такія экзэмпляры іногды значна ніжэй рынковых, нават з улікам даставкі і растаможвання. Стрыць план прадукцыі, асноваючыся на даным сыры, складана. Там не менш, у вырабах этнічнага стыля для арнаментальнай працы жаккардовых пераплеценняў прымяненне такой пражы дапамагае дызайнеру разнастайнаваць асортывент.

#### *Результаты и обсуждение*

У розных умовах дызайн-праектавання трыкотажа актуальны індывідуальныя спосабы. Так, на першых этапах дапушчальна выкарыстанне зарысавак і фактурна-графічных вырашэнняў у рукотворным выкананні. Данная практыка бывае важна, таму што дае новыя, спонтанныя варыяцыі і наталківае мастака на іную кропку згляду. Атрыманыя ў ходзе такой дзейнасці зразункі можна выкарыстоўваць пры стварэнні эскацаў мадэляў не толькі ў версіі ручнога выканання, але і ў графічным рэдактары. Для апошняга дастаткова перавесці зобразенне ў дыфравы выгляд шляхам сканавання ці фатаграфавання. Спасабнасць грамацна рысаваць мадэлі ад рукі дабавае адрэджаную свабоду дызайнеру: ён можа фіксаваць свае ідэі дзе і калі згодна, незалежна ад спецыяльных прыстасаванняў; таксама ён забяспечвае хуткую камунікацыю паміж членамі праектнага групы (у момант абсуджэння дызайн-праекта мастак зарысаввае ключевыя моманты ці дэталі (прым. аўтара)). Для іншых мэтаў даны спосаб складана і неэфектыўна.

Каб арганізаваць зладжаную працу сучаснага прадпрыемства, неабходна выконваць, як мінімум, 2D-эскацы. Графічныя рэдактары дазваляюць на аснове

шаблонаў у кароткія тэрміны прапрацаваць формы і кантуры вырабаў, хутка мяняць колеравыя камбінацыі, склааць мадэльны рад і многае іншае. Так жа, як адзначалася вышэй, магчымы лёгкі перанос піксельнага рысунка ў ПО для вязання. Усе гэта сутэсна скарачае тэрмін рутынавага працы. Аднак у такім выглядзе дасягнуць поўнага прадставалення знешняга выгляду выраба даволна складна. Прагназаваць дакладны тэрмін вязання і расход пражы, ацаніць якасць канструктыўных вырашэнняў у даным варыянце таксама складана. С гэтымі задачамі эфектыўна справляюцца ПО "M1 Plus" і "SDS-ONE АРЕХ". Аднак іх эксплуатацыя патрабуе спецыяльнага падрыхтоўкі. І, часам, самым адрэджальным фактарам з'яўляецца цэна на даны выгляд комплектаў абстаавання з ПО.

Мастак на этапе стварэння праекта павінен разумець, колькі часу займе яго рэалізацыя. Па выніках эксперымента відава, што тэрмін вязання чатырхкаравага жаккарда склаава 10,18 мін. Гэта ў 2 разы больш, чым пры вырабцы двухкаравага жаккарда. Тэрмін выканання трыхкаравага жаккарда 9,24 мін. Гэта ў 1,8 разы больш па параўнанні з вязаннем двухкаравага жаккарда і ў 1,1 разы менш, чым пры вязанні чатырхкаравага жаккарда. Калі разглядаць нежаккардавыя пераплецення, то тэрмін вязання ажурнага пераплецення склаава 7,43 мін, што ў 1,8 разы больш па параўнанні з вырабкой глады. Гэта аб'ясняецца тым, што пры адрэджванні ажурнага пераплецення зрашаецца большае колькасць пераносаў, каб атрымаць рысункавы эфект. Тэрмін вязання камбінаванага пераплецення (саацаванне лійцевых і ізнаночных пецель) склаава 6,20 мін, гэта ў 1,5 разы больш, чым пры вязанні глады і ў 1,2 разы менш, чым пры вязанні ажурнага пераплецення. Усе зразункі пераплеценняў вырабляліся з аднаковым рысунком. Для нагляднага прыняця склаава столбавая дыаграма (рыс. 2), на якой ось Y – тэрмін вязання, а ось X – выгляд пераплецення.

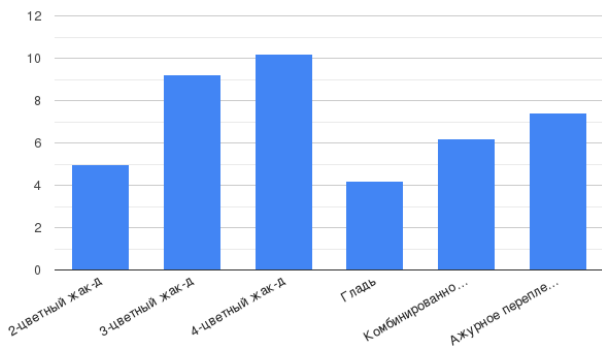


Рис. 2

В табл. 1 видно, что масса изделия в зависимости от вида переплетения меняется. Это означает, что выбор технологии изготовления не может быть обусловлен только ВВ. Скорректировать себестоимость продукции возможно применением сырья различной линейной плотности (текс) и его ценой. Например, женский джемпер, выполненный ажурным переплетением из 100% шерстяной пряжи по цене 1658 руб./кг. Цена указана на выпускаемую продукцию ОАО "МШФ" на 29 Августа 2020 г. согласно прайсу на официальном сайте компании: URL: <http://msf.ru/in/price/2-price.pdf> (дата обращения 29.08.2020), будет иметь вес примерно 300 г, а из 100% хлопчатобумажной стоимостью 661 руб./кг – около 400 г. Несмотря на то, что изделие из хлопчатобумажной пряжи весит больше, его цена будет значительно ниже: пряжа на шерстяное изделие обойдется в 497,4 руб., а на хлопчатобумажное изделие – 264,4 руб. Сезонность, назначение коллекции, ценовая политика компании, наличие пряжи необходимой расцветки на фабрике – вот от чего будет зависеть выбор сырьевого состава. Манипулируя различными компонентами, дизайнер решает определенные задачи. Часто представленные в масс-маркете укороченные трикотажные изделия с длиной рукава 3/4 воспринимаются потребителями как дань моде. На самом деле, это один из примеров результата экономии ресурсов с целью снизить себестоимость товара, либо повысить качество применяемого сырья за счет уменьшения общего веса модели. Такой же подход применяется и к выбору технологии изготовления. Одним из самых ярких фактов

является предложение верхних плечевых изделий с декорированным передом или полочками и абсолютно "пустой" спинкой.

## ВЫВОДЫ

С точки зрения глобальных тенденций 3D-трикотажное проектирование – наиболее экологичный способ, поскольку существенно снижаются затраты на изготовление образцов в материале [16], [17]. В реальности же существует значительное число трикотажных фирм, артелей и ателье, для которых данные технологические новации финансово не подъемны. Тем не менее, руководители таких предприятий должны осознавать необходимость использования цифровых графических программ. Это дает, по крайней мере, возможность умеренной оптимизации ресурсов при использовании 2D-графики квалифицированным специалистом.

Проведенный эксперимент (раздел "Объекты и методы исследования") предоставил данные, которые помогут художникам-модельерам сделать осознанный выбор в пользу преимущественно востребованных технологий вязания при проектировании трикотажа в этническом стиле. Четырехцветное жаккардовое переплетение является самым ресурсозатратным, но позволяющим создать более колоритный образец. Двухцветное жаккардовое и комбинированное – наименее затратные переплетения, однако они имеют мало выраженный визуальный эффект.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Громов В.Ф. Промышленный дизайн текстиля: красота, функциональность, производство. – СПб: СПГУТД, 2013.
2. Демшина А. Ю. Мода в контексте визуальной культуры: вторая половина XX - начало XXI вв. – СПб: "Астерион", 2009.
3. Ермилова В.В., Ермилова Д.Ю., Ляхова Н.Б., Попов С.А. Композиция костюма. – 3-е изд., испр. и доп. – М: Издательство Юрайт, 2018.
4. EnvisioKnit Design Studio. Официальный сайт. URL: <http://www.envisioknit.com/> (дата обращения: 21.07.2020)
5. Докучаева О.И. Автоматизированные методы художественного проектирования трикотажных по-



лотен с заданными визуальными эффектами // Научный журнал "Костюмология". – 2017. Т. 2, №3. <http://kostumologiya.ru/PDF/03KL317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

6. Stoll. Официальный сайт. URL: <https://www.stoll.com/en/> (дата обращения: 21.07.2020)

7. Shima Seyki. Официальный сайт. URL: <https://www.shimaseiki.com/> (дата обращения: 21.07.2020)

8. Eneas. Официальный сайт. URL: <http://www.eneas.com/> (дата обращения: 21.07.2020)

9. Marwel design . Официальный сайт. URL: <https://marvelapp.com/> (дата обращения: 24.08.2020)

10. CLO 3D. Официальный сайт. URL: <https://www.clo3d.com/> (дата обращения: 24.08.2020)

11. ASSIST Vidya. Официальный сайт. URL: <https://assyst-cis.com/3d-modelirovanie/> (дата обращения: 24.08.2020)

12. Асоль. Официальный сайт. URL: [http://assol.org/programmnye\\_produkty/po\\_dlya\\_proektirovaniya\\_odezhdy/3d-konstruirovanie/](http://assol.org/programmnye_produkty/po_dlya_proektirovaniya_odezhdy/3d-konstruirovanie/) (дата обращения: 24.08.2020)

13. Далидович А.С. Основы теории вязания. – М.: Легкая индустрия, 1970.

14. ОАО "МШФ". Официальный сайт. URL: <http://msf.ru/catalog/2/> (дата обращения: 28.08.2020)

15. Пехорка. Официальный сайт. URL: <http://pehorka.ru/> (дата обращения: 28.08.2020)

16. Индустрия трикотажа 2.0 [видеозапись]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=kM2R4LPyRsM&t=1345s> (дата обращения: 28.08.2020)

17. Промышленное трикотажное оборудование Stoll vs Shima Seiki. Статья. URL: <http://blog.fashionfactoryschool.com/blog/lajfhaki/proizvodstvo/113-promyshlennoe-trikotazhnoe-oborudovanie-stoll-vs-shima-seiki> (дата обращения: 21.08.2020)

## REFERENCES

1. Gromov V.F. Promyshlenny dizayn tekstilya: krasota, funktsional'nost', proizvodstvo. – SPb: SPGUTD, 2013.

2. Demshina A. Yu. Moda v kontekste vizual'noy kul'tury: vtoraya polovina KhKh - nachalo XXI vv. – SPb: "Asterion", 2009.

3. Ermilova V.V., Ermilova D.Yu., Lyakhova N.B., Popov S.A. Kompozitsiya kostyuma. – 3-e izd., ispr. i dop. – М: Izdatel'stvo Yurayt, 2018.

4. EnvisioKnit Design Studio. Ofitsial'nyy sayt. URL: <http://www.envisioknit.com/> (дата обращения: 21.07.2020)

5. Dokuchaeva O.I. Avtomatizirovannyye metody khudozhestvennogo proektirovaniya trikotazhnykh poloten s zadannymi vizual'nymi effektami // Nauchnyy zhurnal "Kostyumologiya". – 2017. Т. 2, №3. <http://kostumologiya.ru/PDF/03KL317.pdf> (do-stup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl.

6. Stoll. Ofitsial'nyy sayt. URL: <https://www.stoll.com/en/> (дата обращения: 21.07.2020)

7. Shima Seyki. Ofitsial'nyy sayt. URL: <https://www.shimaseiki.com/> (дата обращения: 21.07.2020)

8. Eneas. Ofitsial'nyy sayt. URL: <http://www.eneas.com/> (дата обращения: 21.07.2020)

9. Marwel design . Ofitsial'nyy sayt. URL: <https://marvelapp.com/> (дата обращения: 24.08.2020)

10. CLO 3D. Ofitsial'nyy sayt. URL: <https://www.clo3d.com/> (дата обращения: 24.08.2020)

11. ASSIST Vidya. Ofitsial'nyy sayt. URL: <https://assyst-cis.com/3d-modelirovanie/> (дата обращения: 24.08.2020)

12. Asol'. Ofitsial'nyy sayt. URL: [http://assol.org/programmnye\\_produkty/po\\_dlya\\_proektirovaniya\\_odezhdy/3d-konstruirovanie/](http://assol.org/programmnye_produkty/po_dlya_proektirovaniya_odezhdy/3d-konstruirovanie/) (дата обращения: 24.08.2020)

13. Dalidovich A.S. Osnovy teorii vyazaniya. – М.: Legkaya industriya, 1970.

14. ОАО "МШФ". Ofitsial'nyy sayt. URL: <http://msf.ru/catalog/2/> (дата обращения: 28.08.2020)

15. Pehorka. Ofitsial'nyy sayt. URL: <http://pehorka.ru/> (дата обращения: 28.08.2020)

16. Industriya trikotazha 2.0 [videozapis']. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=kM2R4LPyRsM&t=1345s> (дата обращения: 28.08.2020)

17. Promyshlennoe trikotazhnoe oborudovanie Stoll vs Shima Seiki. Stat'ya. URL: <http://blog.fashionfactoryschool.com/blog/lajfhaki/proizvodstvo/113-promyshlennoe-trikotazhnoe-oborudovanie-stoll-vs-shima-seiki> (дата обращения: 21.08.2020)

Рекомендована кафедрой технологии и художественного проектирования трикотажа. Поступила 07.06.21.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ БАЗИСНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЮШЕВОГО ТРИКОТАЖА

### ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE BASIS WEAVE STRUCTURE ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLUSH KNITWEAR

М.С. КАРАТАЕВ<sup>1</sup>, С.Ш. ТАШПУЛАТОВ<sup>2,3</sup>, У.С. РАХМАТУЛЛАЕВА<sup>2</sup>, Д.Х. ЯХЪЯЕВА<sup>2</sup>,  
Н.Д. АБДУРАХМАНОВА<sup>2</sup>, Ш.П. ШУМКАРОВА<sup>3</sup>, Ж. АБДУРАЕВ<sup>1</sup>

M.S. KARATAYEV<sup>1</sup>, S.SH. TASHPULATOV<sup>2,3</sup>, U.S. RAKHMATULLAEVA<sup>2</sup>, D.KH. YAKHYAEVA<sup>2</sup>,  
N.D. ABDURAKHMANOVA<sup>2</sup>, SH.P. SHUMKAROVA<sup>3</sup>, ZH. ABDURAYEV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,

<sup>3</sup>Джизакский политехнический институт, Республика Узбекистан)

(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan,  
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,  
Jizzakh of Polytechnic Institute, Republic of Uzbekistan)

E-mail: ssht61@mail.ru

*В статье говорится, что в результате проведенного исследования разработка плюшевого трикотажа на основе неполного плетения расширяет ассортимент трикотажных полотен, а наличие удлиненных пресс-эскизов и растяжек в структуре трикотажа повышает формоустойчивость ткани и снижает расход сырья при ее производстве. Проведенные исследования в области формоустойчивости плюшевого трикотажа показали, что для изготовления формоустойчивого трикотажа необходимо применять упругие нити, особенно в качестве грунтовой. Упругость нитей оказывает большое влияние на формоустойчивость трикотажа. Чем меньше будет доля замедленных процессов (остаточная деформация) в общем релаксационном процессе деформации нити, тем больше скорость релаксации деформаций и выше доля его упругих деформаций.*

*The article states that, as a result of the study, the development of plush knitwear based on incomplete weaving extends the range of knitted fabrics, and the presence of elongated press sketches and stretch marks in the structure of knitwear increases the dimensional stability of the fabric and reduces the consumption of raw materials during its production. Studies in the field of dimensional stability of plush knitwear showed that it is necessary to use elastic threads for the manufacture of shape-resistant knitwear, especially as a ground one. The elasticity of the threads has a great influence on the dimensional stability of knitwear. The smaller the fraction of delayed processes (residual deformation) in the overall relaxation process of deformation of the thread, the greater the rate of relaxation of strains and the higher the proportion of its elastic deformations.*

**Ключевые слова:** переплетения, структура, уточная нить, футерная нить, деформация, полиэфирная нить, ассортимент, полотно, протяжка.

**Keywords:** weaves, structure, weft thread, lining thread, deformation, polyester thread, assortment, web, broach.

Одним из основных требований, предъявляемых к трикотажным изделиям, является требование сохранять ими длительное время свой первоначальный вид. Какой высокой износостойкостью не обладало бы трикотажное полотно, срок эксплуатации изготовленных из него изделий может оказаться довольно ограниченным, если это полотно будет характеризоваться высокой сминаемостью и усадочностью, то есть если формоустойчивость их будет неудовлетворительной.

На формоустойчивость оказывает влияние структура базового переплетения при выработке плюшевого трикотажа.

Вид переплетения определяет форму петель, связь между нитями в трикотаже, степень ориентации участков нити в петле, уровень предельных деформаций трикотажа, скорость протекания релаксационных процессов.

Как известно, уменьшение растяжимости трикотажа по длине достигается путем включения в структуру трикотажа удлиненных жаккардовых петель, прессовых набросков и продольных уточных нитей, а по ширине – уточной нити вдоль петельного ряда, футерной нити с различным раппортом прокладывания и рядов производной глади [1].

Проведенные исследования в области формоустойчивости плюшевого трикотажа показали, что для изготовления формоустойчивого трикотажа необходимо применять упругие нити, особенно в качестве грунтовой. Упругость нитей оказывает большое влияние на формоустойчивость трикотажа. Чем меньше будет доля замедленных процессов (остаточная деформация) в общем релаксационном процессе деформации нити, тем больше скорость релаксации деформаций и выше доля его упругих деформаций [2].

При сопоставимых по величине модулях петли вид переплетения значительно влияет на скорость протекания релаксационных процессов. Скорость быстро обратимых процессов релаксации деформации выше у трикотажа, при растяжении которого элементы петель получают большую изогнутость (открытые петли, петли с двусторонними протяжками) [3...6].

Для выявления влияния длины протяжек неполной глади на показатели формоустойчивости трикотажа были выработаны еще три варианта плюшевого трикотажа на базе неполной глади. Полученные результаты приведены в табл. 1 (показатели физико-механических свойств плюшевого трикотажа на базе неполного переплетения).

Таблица 1

Варианты плюшевого трикотажа	Разрывная нагрузка $R_p, H$		Разрывное удлинение $L, \%$		Воздухопроницаемость $V_p, \text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Усадка полотна $U, \%$		Обратимая деформация $E_o, \%$	Необратимая деформация $E_{нi}, \%$
	по длине	по ширине	по длине	по ширине		по длине	по ширине		
I	240	146	115	192	420	0	1	92,1	7,9
II	204	163	92,7	146,0	490	3	1	91,8	8,2
III	186	176	82,0	126,0	502	5	0	92,5	7,5
IV	184	165	76,3	104,0	486	7	2	94,2	5,8
V	176	172	84,7	100,3	462	6	1	96,7	3,3
VI	210	136	87,8	165,7	435	7	2	90,9	9,1
VII	194	170	90,0	138,0	402	6	2	94,4	5,6
VIII	171	147	76,0	124,0	428	7	3	94,5	5,5
IX	162	150	83,7	114,0	398	5	3	94,8	5,2

В результате анализа полученных данных установлено, что увеличение длины протяжек неполной глади с 2А до 5А снижает разрывное удлинение плюшевого трикотажа по ширине на 31%, при вязании неполной глади из полиэфирной нити линейной плотностью 16 текс х 2 и на 32% при вязании неполной глади полиакрилонитрильной пряжей линейной плотностью 31 текс х 2 (рис. 1 – влияние длины протяжек неполной глади на разрывное удлинение по ширине).

Наиболее интенсивное уменьшение разрывного удлинения по ширине происходит при увеличении длины протяжек с 2А до 4А и составляет 29%, а увеличение длины протяжек с 4А до 5А приводит к незначительному уменьшению разрывного удлинения по ширине и составляет всего 3,5% (вариант II-V).

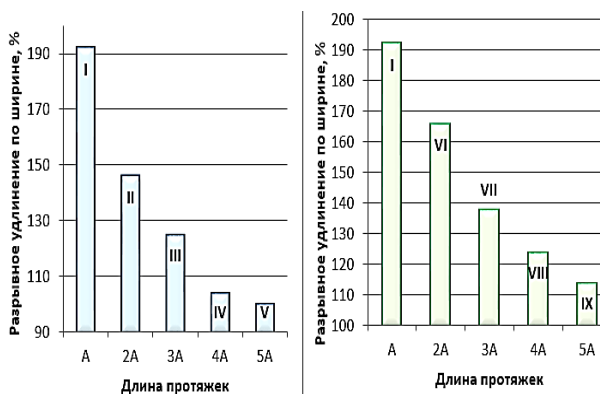


Рис. 1

Изменение длины протяжек петель неполной глади оказывает непосредственное влияние на усадку, обратимую и необратимую деформации полотна. Как видно из табл. 1, усадка рекомендованных полотен плюшевого трикотажа имеет очень хорошие показатели, особенно по ширине полотна, то есть трикотаж после мокрых обработок мало усаживается. Необратимая деформация  $E_n$  с увеличением длины протяжек уменьшается, а доля обратимой деформации  $E_o$  увеличивается (табл. 1).

Как видно из рис. 2 (изменение необратимой деформации трикотажа в зависимости от длины протяжек), наиболее интенсивное уменьшение необратимой деформации происходит при увеличении длины

протяжек с 3А до 5А и составляет 4,2%, а при увеличении длины протяжек с 2А до 3А величина необратимой деформации уменьшается незначительно – всего на 0,7%.

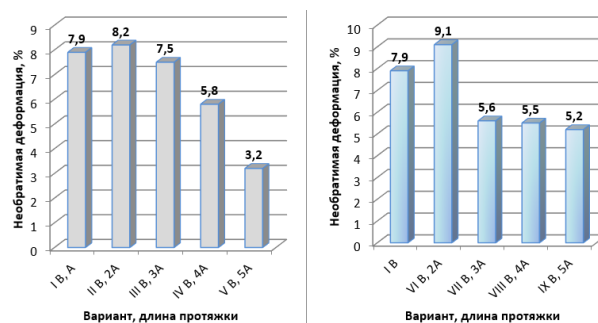


Рис. 2

## ВЫВОДЫ

Анализ физико-механических показателей плюшевого трикотажа показал, что включение дополнительных элементов в структуру плюшевого трикотажа на базе неполного переплетения оказывает положительное влияние на его качественные показатели, увеличивает прочность и формоустойчивость.

В результате проведенного исследования можно отметить, что выработка плюшевого трикотажа на базе неполного переплетения расширяет ассортимент трикотажных полотен, а наличие удлиненных протяжек в структуре трикотажа повышает формоустойчивость полотна и уменьшает расход сырья при его выработке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РУз. № FAP 00634 // от 21.06.2011. Махмудова Г.И., Мукимов М.М. Двухсторонний точный трикотаж.
2. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1991.
3. Махмудова Г., Куатбекова Р., Таишулатов С.Ш., Бегалиев С., Баймунинов Б., Шапамбаев Н.З. Физические и гигиенические свойства гипоаллергенной спортивной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 2. С.69.
4. Немирова Л.Ф., Катаева С.Б., Таишулатов С.Ш., Камилова Х.Х., Махмудова Г.И., Юнусходжаева Х.М. Развитие методов изучения закономерности

стей моды в образцах одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 2. С.73.

5. Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Нурмаматова О.И., Мырхалыков Ж.У., Туребекова Г.З. Анализ технологических параметров и физико-механических свойств плюшевого трикотажа на базе пресового переплетения. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С. 97...100.

6. Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Сатаев М.И., Нурмаматова О.И., Садибек А. Влияние количества жаккардовых петель на физико-механические свойства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №1. С.34...38.

#### REFERENCES

1. Patent RUz. № FAP 00634 // ot 21.06.2011. Makhmudova G.I., Mukimov M.M. Dvukhstoronniy utochnyy trikotazh.

2. Kudryavin L.A., Shalov I.I. Osnovy tekhnologii trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legprombytizdat, 1991.

3. Makhmudova G., Kuatbekova R., Tashpulatov S.Sh., Begaliev S., Baymuminov B., Shapambaev N.Z. Fizicheskie i gigienicheskie svoystva gipoallergennoy

sportivnoy odezhdy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 2. S.69.

4. Nemirova L.F., Kataeva S.B., Tashpulatov S.Sh., Kamilova Kh.Kh., Makhmudova G.I., Yunuskhodzhaeva Kh.M. Razvitiye metodov izucheniya zakonomernostey mody v obraztsakh odezhdy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 2. S.73.

5. Makhmudova G.I., Karataev M.S., Nurmamatova O.I., Myrkhalikov Zh.U., Turebekova G.Z. Analiz tekhnologicheskikh parametrov i fiziko-mekhanicheskikh svoystv plushevogo trikotazha na baze pressovogo perepleteniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, №1. S. 97...100.

6. Makhmudova G.I., Karataev M.S., Sataev M.I., Nurmamatova O.I., Sadibek A. Vliyaniye kolichestva zhakkardovykh petel' na fiziko-mekhanicheskie svoystva // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №1. S.34...38.

Рекомендована Ученым советом ЮКГУ им. М. Ауэзова. Поступила 07.07.21.

УДК 677.024

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_113

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ТРЕХМЕРНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ С ПЕРЕВЯЗКОЙ ОДНОЙ СИСТЕМОЙ НИТЕЙ В ЗОНЕ ФОРМИРОВАНИЯ\*

### THE METHOD OF CALCULATING THE SURFACE DENSITY OF THREE-DIMENSIONAL ORTHOGONAL FABRICS WITH CROSSLINK BY A SINGLE SYSTEM OF THREADS IN THE FORMATION ZONE

*А. П. ГРЕЧУХИН, А. ХАБИБУЛЛОЕВ, П.Н. РУДОВСКИЙ, М.Д. РУДКОВСКИЙ*

*A.P. GRECHUKHIN, A. KHABIBULLOEV, P.N. RUDOVSKY, M.D. RUDKOVSKY*

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: niskstu@yandex.ru

***В статье рассматривается подход к расчету параметров трехмерных ортогональных тканей с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования таких, как вес одного погонного метра ткани, поверхностная плотность ткани, длина нити, необходимая для формирования паковок, уработка нитей горизонтального и вертикального утков в ткани. Учтена спе-***

\* Работа выполнена в рамках инновационного проекта по программе СТАРТ Фонда содействия инновациям (контракт 3523ГС1/57510от 25.03.2020 г.).

*цифика технологии, когда нити утка прокладываются петлей, а также заложена возможность предварительного расчета параметров ткани с учетом объемной доли волокна в комплексной нити. Полученные расчетные данные проверены на выработанном опытном образце трехмерной ортогональной пятислойной ткани из арамидных нитей и получены удовлетворительные показатели сходимости расчетного метода с экспериментом, что позволяет использовать предложенные подходы к проектированию технологического процесса таких тканей.*

*The article discusses an approach to calculating the parameters of three-dimensional orthogonal fabrics with bandaging with one system of threads in the formation zone as the weight of 1 running meter of fabric, the surface density of the fabric, the length of the thread required for the formation of packages, the processing of the threads of horizontal and vertical wefts in the fabric. The specificity of the technology, when the weft threads are looped, is taken into account, as well as the possibility of preliminary calculation of the parameters of the fabric, taking into account the volume fraction of the fiber in the complex thread. The calculated data obtained were tested on a developed prototype of a three-dimensional orthogonal five-layer fabric made of aramid yarns and satisfactory indicators of the convergence of the calculation method with experiment were obtained, which makes it possible to use the proposed approaches to the design of the technological process of such fabrics.*

**Ключевые слова:** трехмерная ортогональная ткань, параметры ткани, поверхностная плотность, уток, основа, уработка нити, объемная доля волокна, толщина ткани.

**Keywords:** three-dimensional orthogonal fabric, fabric parameters, areal density, weft, warp, runner length, fiber volume fraction, fabric thickness.

Трехмерные цельнотканые материалы исследуются уже продолжительное время. При этом существует множество обоснований того, почему же данные материалы имеют преимущества перед слоистыми изделиями, полученными склеиванием однослойных и многослойных тканей небольшой толщины. В последнее время производители начинают внедрение новых материалов на основе трехмерных тканей, так как двумерные текстильные материалы уже не позволяют добиться существенных преимуществ в прочности и снижении веса. Наиболее известным из таких технических решений являются авиационные двигатели LEAP, в производстве которых используются цельнотканые трехмерные изделия [1].

Более того, существует несколько принципиально различных технологических вариантов создания трехмерных текстильных изделий – классические многослойные

ткани, слоисто-каркасные ткани, трехмерные ортогональные ткани и т.д. Поэтому говорить о преимуществах трехмерных тканых материалов надо не просто в контексте 3D-структуры, а в контексте вида нагрузки, типа переплетения и технологии изготовления.

Однако уже на этапе исследований можно встретить противоречивые мнения на счет того, как 3D-текстильный материал работает при нагрузке. Например, в исследовании [2] указывается на важнейшую роль армирования в третьем направлении на прочность композитного изделия, и в то же время в работе [3] делается вывод о том, что нить, формирующая третье направление, гасит только 1% энергии удара (по лицевой стороне ткани), и она должна быть максимально тонкой. Очевидны различные подходы к моделированию композитов и изделия в виде ткани. В 3D-ортогональных

тканях нити располагаются практически без изгибов [4], в результате чего изделия имеют повышенную на 15...20% прочность к ударным воздействиям за счет того, что энергия удара или силовое воздействие на материал распространяется на большую площадь [5...9].

На основе разработанной технологии получения трехмерных ортогональных тканей с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования [10] возможно создание 3D-ортогональных тканей со сложной формой поперечного сечения. При этом нити двух уточных систем прокладываются петель в зоне формирования. В [11] определены рациональные параметры системы заправки нитей при формировании такой ткани, а в [12] установлены основные факторы, влияющие на плотность расположения нитей горизонтального и вертикального утков.

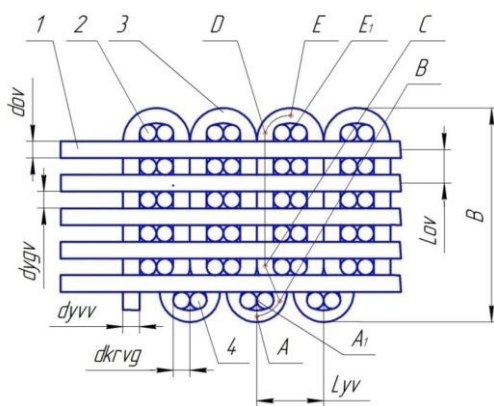


Рис. 1

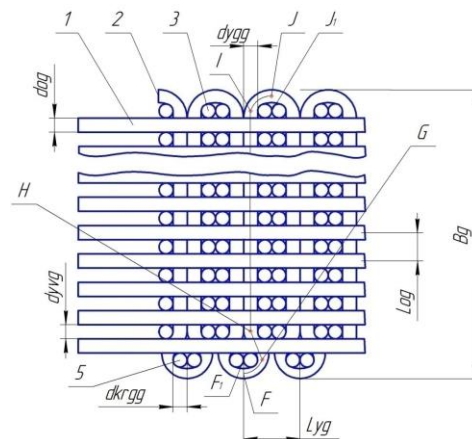


Рис. 2

### Методы

Для расчета рассмотрим разрез ткани вдоль нитей основы (рис. 1 – схема расположения нитей основы и утка (вид сбоку вдоль нитей основы): 1 – нити основы; 2 – нити горизонтального утка; 3 – нити вертикального утка; 4 – кромочная нить, фиксирующая вертикальные уточные нити; 5 – кромочная нить, фиксирующая горизонтальные уточные нити;  $d_{0v}$  – поперечник по вертикали нитей основы в ткани;  $d_{0g}$  – поперечник по горизонтали нитей основы в ткани;  $d_{yv}$  – поперечник по вертикали вертикальных нитей утка в ткани;  $d_{yg}$  – поперечник по горизонтали вертикальных нитей утка в ткани;  $d_{ygv}$  – поперечник по верти-

Для формирования заправочной линии станка и подготовки нитей необходимо провести расчет расхода пряжи на единицу длины ткани (или же расчет поверхностной плотности). Так как предложенная технология [10] имеет специфику (прокладывание нити петель), в литературе подходы к расчету поверхностных плотностей подобных тканей не представлены. На основе прогнозных значений по поверхностной плотности материала будут созданы 3D-модели для проведения виртуальных испытаний. Поэтому целью настоящей работы является разработка методики расчета поверхностной плотности и расхода нитей для выработки трехмерной ортогональной ткани с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования.

кали горизонтальных нитей утка в ткани;  $d_{ygg}$  – поперечник по горизонтали горизонтальных нитей утка в ткани;  $d_{krvg}$  – поперечник по горизонтали вертикальных кромочных нитей;  $d_{krvg}$  – поперечник по горизонтали вертикальных кромочных нитей;  $L_{ov}$  – геометрическая плотность нитей основы по вертикали;  $L_{og}$  – геометрическая плотность нитей основы по горизонтали;  $B_g$  – ширина ткани;  $B$  – толщина ткани;  $L_{yg}$  – расстояние между слоями горизонтальных систем нитей;  $L_{yv}$  – расстояние между слоями вертикальных систем нитей) и горизонтального утка (рис. 2 – схема расположения нитей основы и утка (вид сверху вдоль нитей основы)). Расположение нитей в трехмер-

ных ортогональных структурах максимально плотное, особенно при использовании комплексных нитей (например, арамидных, углеродных, базальтовых). Согласно предложенному способу формирования ткани [10] нити вертикального и горизонтального утков прокладываются петлей и фиксируются кромочной нитью.

Уработка уточных вертикальных нитей ( $a_{yv}$ ) в ткани будет определяться длиной заработанной в ткань нити ( $\ell_{yv}$ ) и расстоянием между петлями вертикальных систем нитей ( $L_{yv}$ ):

$$a_{yv} = 100 \frac{2l_{yv} - L_{yv}}{2l_{yv}}, \quad (1)$$

$L_{yv}$  может быть определено по формуле:

$$L_{yv} = 2d_{yvv} + 2d_{ygg}. \quad (2)$$

Расстояние между нитями основы ( $L_o$ ) определяется по формуле:

$$L_{og} = d_{og} + d_{yvg}. \quad (3)$$

$$L_{BC} = \sqrt{\left(\frac{d_{krvg}}{2} + \frac{d_{yvv}}{2}\right)^2 + \left(d_{ov} + \frac{d_{ygv}}{2} + \frac{d_{krvv}}{2}\right)^2}, \quad (7)$$

$L_{CD}$  определяется следующим образом:

$$L_{\ell_{CD}} = (d_{ov} + d_{ygv})(K_v - 1), \quad (8)$$

где  $K_v$  – количество слоев нитей основы;

$L_{DE}$  приближенно определяется из прямоугольного треугольника  $E_1ED$ :

$$L_{DE} = \sqrt{L_{E_1E}^2 + L_{E_1D}^2}, \quad (9)$$

$$L_{DE} = \sqrt{\left(\frac{d_{yvv}}{2} + \frac{d_{ygv}}{2}\right)^2 + \left(d_{ygg} + \frac{d_{yvv}}{2}\right)^2}. \quad (10)$$

Зная длину петли ABCDE, определяем длину нити вертикального утка в  $\ell$  метре ткани ( $\ell_v$ ):

$$\ell_v = \frac{1000}{L_{yv}} 2\ell_{yv}. \quad (11)$$

Уработка уточных горизонтальных нитей ( $a_{yg}$ ) в ткани (рис. 2) будет определяться длиной заработанной в ткань нити ( $\ell_{yg}$ ) и расстоянием между слоями вертикальных

Для определения уработки вертикальных нитей утка необходимо знать длину петли ( $\ell_{yv}$ ) нити, определяемую точками ABCDE (рис.1). Для упрощения расчетов предлагаем рассчитывать ее в виде ломаной ABCDE:

$$\ell_{yv} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DE}. \quad (4)$$

$L_{AB}$  приближенно определяется из прямоугольного треугольника  $A_1AB$ :

$$L_{AB} = \sqrt{L_{A_1A}^2 + L_{A_1B}^2}, \quad (5)$$

$$L_{AB} = \sqrt{\left(\frac{d_{yvv}}{2} + \frac{d_{krvv}}{2}\right)^2 + \left(d_{krvg} + \frac{d_{yvv}}{2}\right)^2}, \quad (6)$$

где  $d_{krvv}$  – поперечник по вертикали вертикальной кромочной нити (на рис. 1 не показан).

$L_{BC}$  вычисляется по формуле:

систем нитей ( $L_{yg}$ ), используя известные из теории ткачества зависимости:

$$a_{yg} = 100 \frac{2\ell_{yg} - L_{yg}}{2\ell_{yg}}. \quad (12)$$

$L_{yg}$  может быть определено по формуле:

$$L_{yg} = L_{yv}. \quad (13)$$

Для определения уработки вертикальных нитей утка необходимо знать длину петли ( $\ell_{yg}$ ) нити, определяемую точками FGHIJ (рис. 2). Для упрощения расчетов предлагаем рассчитывать ее в виде ломаной FGHIJ:

$$\ell_{yg} = L_{FG} + L_{GH} + L_{HI} + L_{IJ}. \quad (14)$$

$L_{FG}$  приближенно определяется из прямоугольного треугольника  $F_1FG$ :

$$L_{FG} = \sqrt{L_{F_1F}^2 + L_{F_1G}^2}, \quad (15)$$



$$L_{FG} = \sqrt{\left(\frac{d_{ygg}}{2} + \frac{d_{krgv}}{2}\right)^2 + (d_{krgg} + \frac{d_{ygg}}{2})^2}, \quad (16)$$

$L_{GH}$  вычисляется по формуле:

$$L_{GH} = \sqrt{(d_{krgg} + \frac{d_{ygg}}{2})^2 + (d_{og} + \frac{d_{yvg}}{2} + \frac{d_{krgv}}{2})^2}. \quad (17)$$

$L_{HI}$  определяется следующим образом:

$$L_{HI} = (d_{og} + d_{yvg})(K_{vv} - 1), \quad (18)$$

где  $K_{vv}$  – количество столбцов нитей основы по горизонтали, которое приближенно можно определить по следующему выражению;

$$K_{vv} = \frac{B_g}{Log}. \quad (19)$$

$L_{IJ}$  приближенно определяется из прямоугольного треугольника  $JJ_1I$ :

$$L_{IJ} = \sqrt{L_{J_1I}^2 + L_{JJ_1}^2}, \quad (20)$$

$$L_{IJ} = \sqrt{\left(\frac{d_{yvg}}{2} + \frac{d_{ygg}}{2}\right)^2 + (d_{yvv} + \frac{d_{ygg}}{2})^2}. \quad (21)$$

### Результаты и обсуждение

Используя представленные выше зависимости, можно рассчитать вес одного погонного метра ткани, поверхностную плотность ткани, длину нити, необходимую для формирования ткани. Однако возникает сложность в определении поперечников нитей для расчета. В тканях, которые вырабатываются из комплексных нитей, размеры поперечников нитей существенно зависят от плотностей их расположения. Например, чем больше плотность расположения нитей основы по горизонтали, тем меньше будут поперечники нити по горизонтали и тем больше станут поперечники по вертикали, что вызовет увеличение толщины ткани. Поэтому, если при проектировании ткани не известна линейная плотность, ее можно рассчитать, отталкиваясь от размеров поперечников нитей, плотности вещества нитей и объемной доли волокна в них. Если же линейная плотность известна, то необходимо определить взаи-

где  $d_{krgv}$  – поперечник по вертикали горизонтальной кромочной нити (на рис. 2 не показан).

мось между вертикальными и горизонтальными поперечниками нитей. Площадь поперечного сечения ( $S$ ) может быть определена по формуле:

$$S = \frac{T}{\rho \cdot L \cdot V_f}, \quad (22)$$

где  $T$  – линейная плотность нити, текс;  $\rho$  – плотность материала нити,  $\text{кг/м}^3$ ;  $L$  – длина нити (в случае задания плотности нити в текс, составляет 1 м);  $V_f$  – объемная доля волокна в нити.

Форму нити можно моделировать на основе методики, изложенной в [13]. Как наиболее простой вариант, зададимся поперечным сечением в виде эллипса. В этом случае площадь поперечного сечения будет:

$$S = \pi \cdot d_v/2 \cdot d_g/2, \quad (23)$$

где  $d_v$  – поперечник нити по вертикали;  $d_g$  – поперечник нити по горизонтали.

Далее, с использованием известных соотношений, производим расчет длин нитей и массы ткани.

Длина нити вертикального утка ( $L_v$ ) в одном погонном метре ткани определяется по формуле:

$$L_v = K_{vv} \cdot 2\ell_{yv} \cdot \frac{1000}{L_{yv}}. \quad (24)$$

Масса нити вертикального утка ( $M_v$ ) в  $1 \text{ м}^2$  ткани:

$$M_v = T_v L_v / B_g \cdot 1000000. \quad (25)$$

Длина нити горизонтального утка ( $L_g$ ) в одном погонном метре ткани определяется по формуле:

$$L_g = K_v \cdot 2\ell_{yv} \cdot 1000 / L_{yg}. \quad (26)$$

Масса нити горизонтального утка ( $M_g$ ) в  $1 \text{ м}^2$  ткани:

$$M_g = T_g L_g / B_g \cdot 1000000. \quad (27)$$

Длина нити основы ( $L_{lo}$ ) в одном погонном метре ткани определяется по формуле:

$$L_{lo} = K_v K_{vv}. \quad (28)$$

Масса нити основы ( $M_o$ ) в  $1 \text{ м}^2$  ткани:

$$M_o = T_o L_{lo} / B_g \cdot 1000000. \quad (29)$$

Массу кромочных нитей, фиксирующих вертикальные нити, принимаем как массу нити горизонтального утка в одном слое. Массой кромочных нитей, фиксирующих горизонтальные уточные нити, пренебрегаем.

Для проверки предложенной методики выбрана трехмерная ортогональная ткань из арамидных нитей, выработанная по технологии [10...12] в Костромском государственном университете. Линейная плотность нитей основы 644 текс, нитей утка 322 текс (прокладка петель, суммарная линейная плотность в одной прокидке 644 текс). Ширина ткани ( $B_g$ ) 300 мм. Количество вертикальных нитей утка ( $K_{vv}$ ) 75. Наибольшим поперечным деформациям в таких типах тканей подвержены нити ос-

новы и горизонтального утка. Они могут в больших пределах заполнять все просветы между нитями. Поэтому их поперечные сечения выбраны в виде эллипсов. Поперечные сечения нитей кромок в меньшей степени деформированы, поэтому их форма принята в виде круга.

Фрагмент выработанной ткани из арамидных нитей представлен на рис 3.



Рис. 3

Определим параметры ткани, задавшись плотностями расположения нитей (расстояния между нитями). Задав  $K_{vv}$  в качестве входного параметра, получаем сумму диаметров  $d_{og}$  и  $d_{yvg}$ , которая определит расстояние между нитями основы ( $L_o$ ). Аналогично можно поступить и с расстояниями между столбцами горизонтального утка ( $L_{yg}$ ). Входные параметры представлены в табл. 1. Расчет диаметров проводился с использованием формул (22) и (23).

Таблица 1

Параметры	Обозначение	Значение
Количество слоев нитей основы	$K_v$	5
Количество нитей вертикальной системы	$K_{vv}$	75
Расстояние между нитями основы, мм	$L_o$	4
Расстояние между нитями утка, мм	$L_{yg}$	2,46
Ширина ткани, мм	$B_g$	300
Объемная доля волокна в нити, мм	$V_f$	0,85
Плотность материала нити, $\text{кг}/\text{м}^3$	$\rho$	1440
Линейная плотность основных нитей, текс	$T_o$	644
Линейная плотность горизонтальных нитей, текс	$T_g$	322
Линейная плотность вертикальных нитей, текс	$T_v$	322

Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры	Обозначение	Расчетное значение	Экспериментальные значения (отклонение, %)
Толщина ткани, мм	$B$	4,3	4,5 (4,4)
Длина нити вертикального утка в 1 метре ткани, м	$L_v$	4,6	4,65 (1,1)
Длина нити горизонтального утка в 1 метре ткани, м	$L_g$	245	240 (2,1)
Длина нити основы в 1 метре ткани, м	$L_{lo}$	1	
Масса нити вертикального утка в $1 \text{ м}^2$ ткани, кг	$M_v$	0,368	
Масса нити горизонтального утка в $1 \text{ м}^2$ ткани, кг	$M_g$	1,307	

Масса нити основы в 1 м <sup>2</sup> ткани, кг	M <sub>o</sub>	0,8	
Масса кромочных нитей, фиксирующих вертикальный уток в 1 м <sup>2</sup> ткани, кг	M <sub>k</sub>	0,261	
Поверхностная плотность ткани, кг/м <sup>2</sup>	M	2,736	2,6 (5,2)
Уработка уточных горизонтальных нитей, %	a <sub>yg</sub>	99,6	
Уработка уточных вертикальных нитей, %	a <sub>yv</sub>	64,8	
Поперечник по горизонтали горизонтальных нитей утка, мм	d <sub>ygg</sub>	1,05	
Поперечник по вертикали вертикальных нитей утка, мм	d <sub>yvv</sub>	0,186	
Поперечник по вертикали вертикальной кромочной нити, мм	d <sub>krvv</sub>	0,8	
Поперечник по горизонтали вертикальных кромочных нитей, мм	d <sub>krvg</sub>	0,8	
Поперечник по вертикали горизонтальных нитей утка в ткани, мм	d <sub>ygv</sub>	0,32	
Поперечник по вертикали нитей основы в ткани, мм	d <sub>ov</sub>	0,305	
Поперечник по горизонтали вертикальных кромочных нитей, мм	d <sub>krvg</sub>	0,8	
Поперечник по горизонтали горизонтальных кромочных нитей, мм	d <sub>krvg</sub>	0,8	
Поперечник по горизонтали вертикальных нитей утка в ткани, мм	d <sub>yvg</sub>	1,8	
Поперечник по горизонтали нитей основы в ткани, мм	d <sub>og</sub>	2,2	

Оценка точности расчетов проведена сравнением с фактическими значениями длин нитей вертикального и горизонтального утков, поверхностной плотностью и толщиной ткани. Результат оценки точности представлен в табл. 2.

## ВЫВОДЫ

1. Получены зависимости, позволяющие прогнозировать параметры трехмерных ортогональных тканей для подготовки станка к заправке.

2. Учтена специфика технологии, когда нити утка прокладываются петлей, а также заложена возможность предварительного расчета параметров ткани с учетом объемной доли волокна в комплексной нити

3. Сравнение результатов расчета со значениями, полученными экспериментально показало, что погрешность определения основных параметров не превышает 6%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Донецкий К.И., Раскутин А.Е., Хилов П.А., Лукьяненко Ю.В., Белинис П.Г., Коротыгин А.А. Объемные текстильные преформы, используемые при изготовлении полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. –2015, № 9. С.75...83.

2. Ballistic impact of 3d orthogonal woven composite by a spherical bullet: experimental study and numerical simulation / Y.M. Yu, X.J. Wang, C.W. Lim // International Journal of Engineering and Applied Sciences. – Vol. 1, 2009. P.1...18.

3. Shi W., Hu H., Sun B., Gu B. Energy absorption of 3D orthogonal woven fabric under ballistic penetration of hemispherical-cylindrical projectile // Journal of the Textile Institute. – Vol. 110. 2011. P.875...889.

4. Kadir Bilisik, Mansour H. Mohamed. Multiaxis Three-Dimensional Flat Woven Preforms – Tube Carrier Weaving // Textile Research Journal. – Vol 80(8)/ 2010: 696–711 DOI: 10.1177/0040517509340602.

5. Huang G., Zhong Z.L. Tensile behavior of 3D-woven composites by using different fabric structures // Mater Des/ – 2002; 23(7): 671–674.

6. Xiwen Jia., Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // Journal of Composite Materials. – 45(9) 965–987 (2010).

7. Bilisik K, Karaduman N. S., Bilisik N. E. 3D fabrics for technical textile applications. In: Jeon HY, editor. Non-woven Fabrics. Intec. – 2016. P. 81...141.

8. Xiwen Jia, Zihui Xia, Bohong Gu. Nonlinear numerical predictions of three-dimensional orthogonal woven composite under low-cycle tension using multiscale repeating unit cells // International Journal of Damage Mechanics. – Vol. 24, 2015. P. 338...362.

9. Rajesh Mishra, Bijoya Kumar Behera, Jiri Militky. Impact simulation of three-dimensional woven kevlar-epoxy composites // Journal of industrial textiles. – Vol. 45, 2016. P. 978...994.

10. Патент РФ № 2643659, 02.02.18. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Тихомиров Л.А., Зайцев Д.В., Старинец И.В., Селиверстов В.Ю. Способ формирования трехмерной ортогональной ткани.

11. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Определение рациональных параметров системы заправки нитей при формировании трехмерного ортогонального тканого волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 5. С. 111...115.

12. Ушаков С.Н., Гречухин А.П., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Влияние величины смещения слоя горизонтального утка на плотность расположения вертикальных слоев нитей при формировании трехмерных ортогональных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 6. С.96...100.

13. Grechukhin A.P., Rudovskiy P.N. New Geometrical Model of Woven Fabric Taking into Account the Change of Its Form, Size and Lateral Bending // FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. – 2021; 29, 2(146): 20-24.

#### REFERENCES

1. Donetskiiy K.I., Raskutin A.E., Khilov P.A., Luk'yanenko Yu.V., Belinis P.G., Korotygin A.A. Ob"emnye tekstil'nye preformy, ispol'zuemye pri izgotovlenii polimernykh kompozitsionnykh materialov (obzor) // Trudy VIAM. – 2015, № 9. S.75...83.

2. Ballistic impact of 3d orthogonal woven composite by a spherical bullet: experimental study and numerical simulation / Y.M. Yu, X.J. Wang, C.W. Lim // International Journal of Engineering and Applied Sciences. – Vol. 1, 2009. P.1...18.

3. Shi W., Hu H., Sun B., Gu B. Energy absorption of 3D orthogonal woven fabric under ballistic penetration of hemispherical-cylindrical projectile // Journal of the Textile Institute. – Vol. 110. 2011. P.875...889.

4. Kadir Bilisik, Mansour H. Mohamed. Multiaxis Three-Dimensional Flat Woven Preforms – Tube Carrier Weaving // Textile Research Journal. – Vol 80(8)/ 2010: 696–711 DOI: 10.1177/0040517509340602.

5. Huang G., Zhong Z.L. Tensile behavior of 3D-woven composites by using different fabric structures // Mater Des/ – 2002; 23(7): 671–674.

6. Xiwen Jia., Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into

3D orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // Journal of Composite Materials. – 45(9) 965–987 (2010).

7. Bilisik K, Karaduman N. S., Bilisik N. E. 3D fabrics for technical textile applications. In: Jeon HY, editor. Non-woven Fabrics. Intec. – 2016. P. 81...141.

8. Xiwen Jia, Zihui Xia, Bohong Gu. Nonlinear numerical predictions of three-dimensional orthogonal woven composite under low-cycle tension using multiscale repeating unit cells // International Journal of Damage Mechanics. – Vol. 24, 2015. P. 338...362.

9. Rajesh Mishra, Bijoya Kumar Behera, Jiri Militky. Impact simulation of three-dimensional woven kevlar-epoxy composites // Journal of industrial textiles. – Vol. 45, 2016. P. 978...994.

10. Patent RF № 2643659, 02.02.18. Grechukhin A.P., Ushakov S.N., Tikhomirov L.A., Zaytsev D.V., Starinets I.V., Seliverstov V.Yu. Spособ formirovaniya trekhmernoy ortogonal'noy tkani.

11. Grechukhin A.P., Ushakov S.N., Rudovskiy P.N., Palochkin S.V. Opredelenie ratsional'nykh parametrov sistemy zapravki nitey pri formirovani trekhmernogo ortogonal'nogo tkanogo voloknistogo materiala // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 5. S. 111...115.

12. Ushakov S.N., Grechukhin A.P., Rudovskiy P.N., Palochkin S.V. Vliyanie velichiny smeshcheniya sloya gorizontalnogo utka na plotnost' raspolzheniya vertikal'nykh sloev nitey pri formirovani trekhmernykh ortogonal'nykh tkaney // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 6. S.96...100.

13. Grechukhin A.P, Rudovskiy P.N. New Geometrical Model of Woven Fabric Taking into Account the Change of Its Form, Size and Lateral Bending // FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. – 2021; 29, 2(146): 20-24.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования тканей и трикотажа. Поступила 16.08.21.

**ОБОСНОВАНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОВОЛОКОН  
ПО ДИАМЕТРУ В МАТЕРИАЛАХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ  
ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ**

**THE LAW SUBSTANTIATION OF NANOFIBERS DISTRIBUTION  
BY DIAMETER IN MATERIALS OBTAINED  
BY METHOD ELECTROFORMATIONS**

*Д.Б. РЫКЛИН, М.А. ДЕМИДОВА, В.М. АЗАРЧЕНКО, К.В. СКРОЦКАЯ*  
*D.B. RYKLIN, M.A. DEMIDOVA, V.M. AZARCHENKO, K.V. SKROTSKAYA*

*(Витебский государственный технологический университет, Беларусь)*

*(Vitebsk State Technological University, Belarus)*

*E-mail: ryklin-db@mail.ru; demidova.mariya00@gmail.com;  
azarchenko22@mail.ru; katarinaskr@gmail.com*

*Инновационные материалы с механизмом таргет-доставки, используемые для нужд биомедицины и косметологии, должны отвечать строгим требованиям по составу, времени и характеру биodeградации, а они напрямую зависят от морфологии и структуры составляющих материал нановолокон. Диаметр нановолокна является наиболее значимой характеристикой его структуры, и важным вопросом является оценка закона его распределения как для корректной статистической обработки экспериментальных данных, так и для анализа процесса электроформования. В связи с этим в статье устанавливается и обосновывается закон распределения диаметра нановолокон в материалах с таргет-компонентом, получаемых методом электроформования для нужд биомедицины. Экспериментальные исследования процесса электроформования проводились на установке Fluidnatek LE-50. Изображения электроформованных материалов были получены с использованием электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия). Доказано, что распределение волокон по диаметру в образцах, полученных при стабильном протекании процесса электроформования, соответствует логнормальному закону. Подтверждена гипотеза о том, что расщепление струи прядильного раствора в зоне между эмиттером и коллектором установки может рассматриваться по аналогии с процессом дробления частиц в других отраслях производства.*

*Innovative materials with a target delivery mechanism used for the needs of biomedicine and cosmetology must meet strict requirements for the composition, time and nature of biodegradation, which directly depend on the morphology and structure of nanofibers. The diameter of a nanofiber is the most significant characteristic of its structure. An important issue is the assessment of its distribution, both for the correct statistical processing of experimental data and for the analysis of the electrospinning process. In this regard, the article establishes the distribution law of the nanofibers diameter of in electrospun materials with a target component. The experiments were carried out on the machine Fluidnatek LE-50. Images of the electrospun webs were obtained using a scanning electron microscope LEO 1420 (Carl Zeiss, Germany). It is proved that the distribution of the fibers diameter in the samples obtained with a stable course of the electrospinning process corresponds to a*

*lognormal law. The hypothesis that the splitting of the spinning solution jet in the zone between the emitter and the collector can be considered by analogy with the process of particle crushing in other industries is confirmed.*

**Ключевые слова:** электроформование, диаметр нановолокна, поливиниловый спирт, глицерин, закон распределения.

**Keywords;** electrospinning, nanofiber diameter, polyvinyl alcohol, glycerin, distribution law.

Электроформование является одним из наиболее перспективных способов получения новых видов текстильных изделий, позволяющих вырабатывать покрытия и материалы из волокон от субмикронных диаметров до нанометровых диаметров с применением высокопотенциального электрического поля [1]. Производство подобных волокон позволяет решить ряд специфических проблем, что связано с уникальными свойствами и характеристиками микро- и нановолокон. Разработки, посвященные созданию подобных электроформованных материалов, ведутся специалистами Китая, Канады, Южной Кореи, Японии, Индии, России, Таиланда и других стран [2...7]. Результатом становятся разнообразные материалы и вещества для различных биомедицинских целей, таких как создание биомедицинских каркасов сосудов [3], лечение раковых опухолей, воспалений кишечника, регенерация костной ткани [4] и ткани органов [5], защиты раневых поверхностей от экзогенных организмов [6], доставки специфических лекарственных средств к пораженным внутренним органам и системам организма [7]. В связи с этим большую актуальность имеют исследования, посвященные углубленному изучению как процессов электроформования, так и получаемых данным способом волокон – их структуры, морфологии и свойств.

Структура неоднородного электроформованного материала позволяет обеспечить медленное и постепенное выделение активных веществ, что обуславливает хорошую впитываемость и позволяет точно рассчитывать дозировку. В настоящее время уделяется внимание созданию терапевтических средств, которые позволят с помощью механизма таргет-доставки снизить токсичес-

кую нагрузку и связанные с ней побочные эффекты в организме пациента, а также сделать терапию более интенсивной и эффективной из-за прямой доставки лекарственного средства к пораженному органу. Материалы для биомедицины должны отвечать строгим требованиям по составу, времени и характеру биодеградации, а они напрямую зависят от морфологии и структуры составляющих материал нановолокон. Так как диаметр нановолокна является случайной величиной, важным вопросом является оценка закона его распределения, как для корректной статистической обработки экспериментальных данных, так и для анализа процесса электроформования.

Целью работы является обоснование закона распределения нановолокон по диаметру в материалах, получаемых методом электроформования.

Попытки математически описать структуру нановолокон из различных полимеров предпринимались неоднократно. При этом единой точки зрения о законе распределения нановолокон по диаметру на данный момент не сформировано. Анализ источников показал, что данное распределение описывается разными законами [10...14], в связи с чем сравнение средних величин диаметров нановолокон является не совсем корректным. При этом важно обращать внимание не только на изменение среднего значения, но и на асимметрию закона и поле рассеяния значений диаметров волокон.

Ряд авторов отмечают, что распределение диаметра электроформованных нановолокон достаточно часто может быть описано логарифмически нормальным (логнормальным) законом [12...14]. Однако встречается и точка зрения о том, что значения

диаметров подчиняются нормальному закону, объясняя это тем фактом, что все нановолокна в материале изготавливаются одновременно [10]. Сторонниками данной теории признается тот факт, что очень часто гистограммы распределения диаметров волокна далеки от нормального закона, в связи с чем предложено комбинировать несколько распределений для приближения вида их суммы к реальной форме [10].

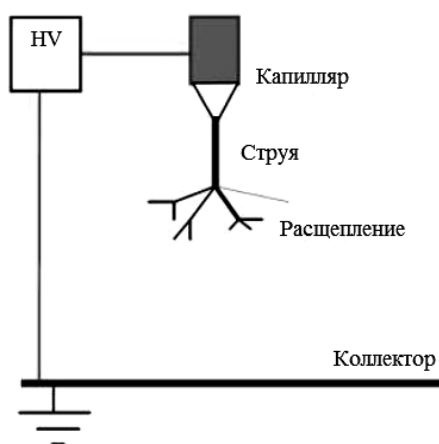


Рис. 1

Очевидно, что обоснование закона распределения нановолокон по диаметру должно основываться на анализе процесса электроформования. Известно, что данный процесс происходит за счет воздействия электрического поля на раствор или расплав полимера, удерживаемый за счет его собственного поверхностного натяжения на конце капилляра. В процессе электроформования можно выделить четыре области (рис. 1) [1], [15]:

- 1) базовая область – заряженная поверхность раствора на конце капилляра;
- 2) область струи, где раствор движется вдоль прямой линии;
- 3) область формирования, где струи многократно расщепляются;
- 4) область сбора оседающих на поверхность подложки или коллектора нановолокон.

Очевидно, что формирование нановолокна происходит в области, где полимерная струя расщепляется. Значения диаметров электроформованных волокон будут зависеть от протекания двух основных про-

цессов: расщепления и вытягивания. Если принять допущение о том, что процесс вытягивания струй раствора на всех этапах формирования нановолокна происходит одинаково, то основное влияние на характер морфологии волокон, а именно на закон распределения их диаметров, оказывает именно процесс расщепления.

Поскольку в области исследований электроформования не выявлено работ, содержащих математическое описание процесса расщепления струй прядильного раствора, нами были проанализированы схожие процессы дробления частиц, описанные в других областях знания.

Академик А.Н. Колмогоров предложил математическую модель, аналитически объясняющую возникновение логнормального распределения размеров частиц при дроблении [16]. Впоследствии профессором А. Ф. Филипповым было внесено уточнение, что логнормальный закон распределения будет справедлив, если масса частицы будет заменена какой-либо иной характеристикой частицы, например энергией, а механическое дробление – любым другим способом порождения одной частицей нескольких [17]. В текстильной промышленности подтверждение данному закону распределения находится в исследовании процессов разрыхления и очистки волокон. При анализе процессов обработки клочков волокон барабанными колковыми очистителями-рыхлителями было установлено, что массы клочков подчиняются логнормальному распределению после 4...6 этапов разрыхления независимо от того, какому распределению они подчинялись изначально [18]. Скорость перехода распределения массы клочков к логнормальному распределению зависит от соотношения вероятностей рыхления и разделения клочков [19].

Данный результат справедлив при допущении, что скорость дробления (уменьшения размеров частиц) постоянна, то есть не зависит от размеров дробящихся частиц. В случае дробления твердых частиц, вызванного их соударением, очевидно, что с уменьшением размера частицы интенсивность ее соударений с другими частицами или деталями дробильного агрегата может

уменьшаться в силу того, что вероятность столкновения с другими частицами снижается. А.Н. Колмогоровым высказано предположение о том, что зависимость скорости дробления от размеров частиц приводит к неприемлемости применения логнормального закона распределения их размеров, что доказано математически в работе [20]. Однако в процессе формирования нановолокон расщепление струи прядильного раствора осуществляется не за счет взаимодействия отдельных струй, а вследствие воздействия на них электрического поля. Таким образом, можно считать процесс расщепления струи стационарным при условии постоянства скорости расщепления струй на всем пути от эмиттера до коллектора. Если рассматривать процесс расщепления струи прядильного раствора по аналогии с процессом дробления частиц, то стабильным этот процесс можно считать в случае доказанного соответствия распределения диаметров нановолокон логнормальному закону.

#### *Методы*

Для оценки соответствия распределения диаметра волокон логнормальному закону проведены экспериментальные исследования процесса электроформования на установке Fluidnatek LE-50.

Выбор состава прядильного раствора осуществлялся на основании анализа ранее проведенных экспериментальных исследований, в ходе которых установлено, что в качестве волокнообразующего полимера для изготовления биodeградирующих нановолокнистых материалов целесообразно использовать поливиниловый спирт (ПВС) марки Arkofil PPL. Полученные материалы не содержат видимых дефектов и характеризуются низкой неравномерностью нановолокон по диаметру [8].

С учетом биомедицинской направленности разрабатываемого материала в качестве функциональной добавки предложено использовать глицерин. Глицерин является одним из важных компонентов в косметологии и медицине. Он входит в состав многих кремов, мазей, мыла и выполняет защитную функцию кожи, так как сохраняет влагу в клетках кожи. В медицине его ис-

пользуют в качестве антисептика при комплексном лечении многих заболеваний, особенно кожных. С другой стороны, глицерин оказывает пластифицирующее действие на полимеры, существенно изменяет такие важные свойства прядильных растворов, как динамическая вязкость, поверхностное натяжение и электропроводность. Таким образом, введение глицерина в состав водных растворов поливинилового спирта влияет не только на свойства получаемых материалов, но и на протекание процесса электроформования. Установлено, что для минимизации количества дефектов электроформование из растворов поливинилового спирта с добавлением глицерина его содержание не должно превышать 8% [9].

Для проведения исследований были приготовлены 3 варианта прядильных растворов: базовый 14%-ный раствор поливинилового спирта без глицерина и растворы, полученные при добавлении в базовый раствор 4 и 7 % глицерина. Нарботка 9 образцов материалов осуществлена из трех растворов при трех значениях их расхода: 1,0, 1,3, 1,6 мл/ч.

При получении образцов расстояние между электродами составляло 100 мм, а частота вращения коллектора 200 мин<sup>-1</sup>. Значения напряжений на эмиттере и коллекторе корректировались с учетом требуемого расхода прядильного раствора.

Все образцы получены при стабильном процессе электроформования и являются практически бездефектными. Для изучения структуры полученных электроформованных материалов и влияния на нее состава и расхода формовочного раствора были получены их изображения при различном увеличении с использованием электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия).

#### *Результаты и обсуждения*

Гипотеза о том, что распределение диаметров волокон в образце подчиняется конкретному закону, принимается при условии, что расчетное значение критерия  $\chi^2$  меньше критического значения, определяемого с учетом доверительной вероятности и числа степеней свободы. Обработка ре-



зультатов измерений осуществлялась с использованием программы Statistica for Windows. Значения критерия  $\chi^2$  сопоставлялись с критическими значениями  $\chi^2_{кр}$  при заданной доверительной вероятности 0,99 и скорректированных значениях числа степеней свободы  $f_{корр}$ , установленных для каждого конкретного образца.

Анализ данных, представленных в табл. 1 (характеристики электроформован-

ных волокон), показал, что распределение нановолокон образцов 1, 3 и 6 по диаметру не соответствует нормальному закону. Следовательно, очевидно, что применение нормального закона для описания распределения нановолокон по диаметру в материалах, полученных методом электроформования, не корректно.

Т а б л и ц а 1

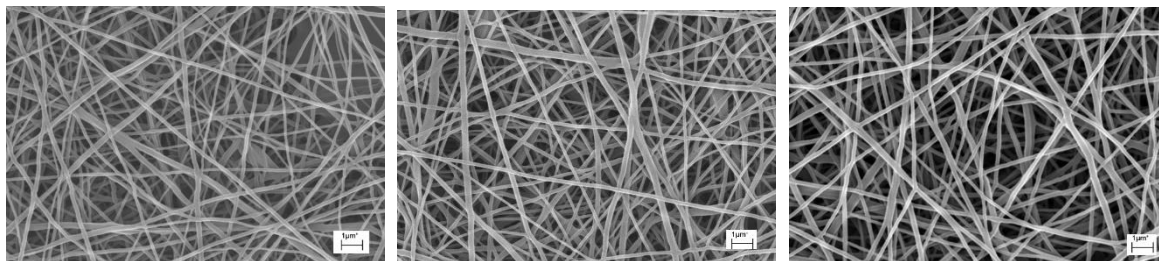
Номер образца	Содержание глицерина, %	Расход полимера, мл/ч	Нормальное распределение			Логнормальное распределение		
			$\chi^2$	$\chi^2_{кр}$	$f_{корр}$	$\chi^2$	$\chi^2_{кр}$	$f_{корр}$
1	0	1,0	18,23	9,21	2	4,76	9,21	2
2	0	1,3	4,81	9,21	2	0,33	9,21	2
3	0	1,6	27,80	9,21	2	8,31	9,21	2
4	4	1,0	4,00	9,21	2	2,59	11,36	3
5	4	1,3	6,81	11,36	3	1,67	11,36	3
6	4	1,6	13,47	6,64	1	3,22	6,64	1
7	7	1,0	5,47	13,28	4	1,38	11,36	3
8	7	1,3	4,38	9,21	2	0,56	9,21	2
9	7	1,6	6,77	11,36	3	1,56	9,21	2

Далее было проверено соответствие закона распределения диаметров нановолокон логнормальному закону, так как принято допущение о том, что масса частицы может являться аналогом диаметра волокна, а механическое дробление может рассматриваться подобно расщеплению полимерной струи. Установлено, что распределение электроформованных волокон по диаметру для всех полученных образцов соответствует логнормальному закону с правосторонней асимметрией. Для образцов были рассчитаны основные параметры

закона распределения, представленные в табл. 2 (характеристики электроформованных волокон). Изображения образцов 1, 3 и 6, полученные при увеличении в 15000 раз, представлены на рис. 2 (изображения электроформованных материалов, полученные при увеличении в 15000 раз: а – образец 1, б – образец 3, в – образец 6), а соответствующие им гистограммы – на рис. 3 (гистограммы распределения нановолокон по диаметру: а – образец 1, б – образец 3, в – образец 6).

Т а б л и ц а 2

Номер образца	Параметры закона распределения		Диаметр волокна d, нм	Коэффициент вариации CV <sub>d</sub> , %	Коэффициент асимметрии A
	$\mu$	$\sigma$			
1	5,130	0,296	161,78	30,23	0,283
2	5,166	0,241	170,18	24,50	0,184
3	5,233	0,315	178,29	32,27	0,323
4	5,332	0,207	202,41	20,93	0,133
5	5,262	0,258	186,63	26,23	0,211
6	5,276	0,295	187,30	30,11	0,280
7	5,294	0,214	194,71	21,69	0,143
8	5,243	0,253	183,32	25,71	0,203
9	5,229	0,250	180,79	25,44	0,198

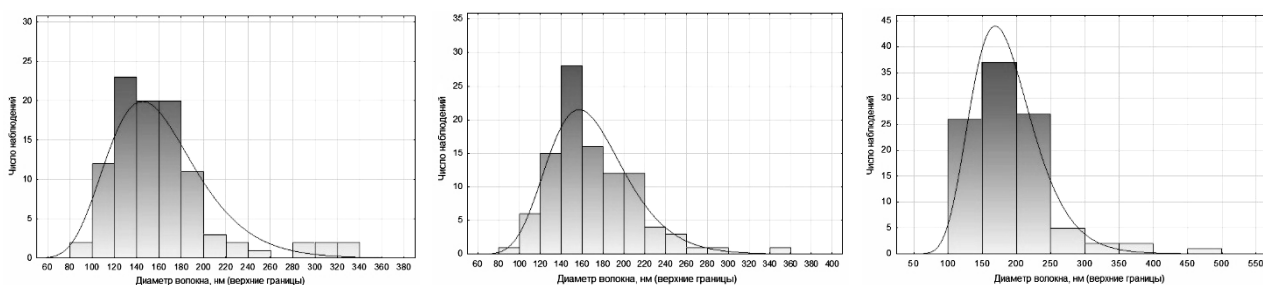


а)

б)

в)

Рис. 2



а)

б)

в)

Рис. 3

Анализируя данные табл. 2, можно отметить, что все полученные распределения характеризуются положительной асимметрией, указывающей на преобладающее количество волокон в образце с диаметром меньше среднего значения. Для образцов 1, 3 и 6 коэффициент асимметрии превышает 0,25, в связи с чем асимметрия не может считаться незначительной. Как следствие, для этих образцов гипотеза о нормальном законе распределения не была подтверждена.

Коэффициент вариации диаметра волокна находится в тесной корреляции с коэффициентом асимметрии распределения ( $r=0,998$ ). Этот факт свидетельствует о том, что с уменьшением неравномерности волокон по диаметру распределение приближается к нормальному закону. Связь между указанными характеристиками может быть описана следующим образом:

$$A = 0,0165 \cdot C_v - 0,22. \quad (1)$$

Таким образом, незначительная асимметрия закона распределения ( $A < 0,25$ ) достигается при условии, что коэффициент

вариации волокон по диаметру  $C_v$  меньше 28,5 %.

Влияние расхода прядильного раствора на математическое ожидание диаметра волокна существенно зависит от состава раствора. Для раствора, не содержащего глицерин, повышение расхода на 0,1 мл/ч приводит к увеличению диаметра волокна на 2,75 нм. Для неоднородных волокон имеет место противоположная тенденция: с увеличением расхода раствора с 1 мл/ч до 1,3 мл/ч математическое ожидание диаметра волокна снижается на 6...8 %, в зависимости от содержания глицерина, а при дальнейшем повышении расхода значение диаметра стабилизируется и изменяется незначительно.

## ВЫВОДЫ

В результате анализа структуры нановолокнистых материалов разного состава доказано, что распределение волокон по диаметру в образцах, полученных при стабильном протекании процесса электроформования, соответствует логнормальному закону. Таким образом, подтверждена гипотеза о том, что расщепление струи прядильного

раствора в зоне между эмиттером и коллектором установки может рассматриваться по аналогии с процессом дробления частиц в других отраслях производства. При этом соответствие распределения логнормальному закону может использоваться в качестве одного из критериев стабильности процесса электроформования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Филатов Ю.Н.* Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс). – М., 2001.
2. *Bucci R., Clerici F.* Peptide grafting strategies before and after electrospinning of nanofibers // *Acta Biomaterialia*. – № 122, 2021. P.82...100.
3. *Kudryavtseva V., Tverdokhlebov S.* Magnetron plasma mediated immobilization of hyaluronic acid for the development of functional double-sided biodegradable vascular graft // *Applied Surface Science*. – №529, 2020. P.147...196.
4. *Rethinam S., Gobi N.* Enhanced bone regeneration using an electrospun nanofibrous membrane – A novel approach // *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. – № 53, 2019. P.101...163.
5. *Romo-Urbe A.* Electrospun biomimetic scaffolds of biosynthesized poly( $\beta$ -hydroxybutyrate) from *Azotobacter vinelandii* strains. Cell viability and bone tissue engineering // *Materials for Biomedical Engineering*. – 2019. P.203...234
6. *Corduas F., Lamprou D.A.* Long-acting implantable devices for the prevention and personalised treatment of infectious, inflammatory and chronic diseases // *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. – 2020, № 60. 101952.
7. *Joshi G., Yadav K.S.* Polylactideglycolic acid (PLGA)-based green materials for drug delivery // *Applications of Advanced Green Materials*. – 2021. P.425...440.
8. *Ryklin D.B., Azarchenko V.M., Demidova M.A.* Determination of expedient conditions of electrospinning using variously designed spinning heads // *Fibre Chemistry*. – № 51, 2019. P.223...226.
9. *Рыклин Д.Б., Ясинская Н.Н., Демидова М.А., Азарченко В.М.* Оценка влияния добавки глицерина в прядильный раствор на структуру электроформованных материалов // *Международ. науч.-практ. форум "SMARTEX"*. – 2020, №1. С. 88...93.
10. *Milašius R., Malašauskiene J., Kuchanauskaitė E.* Possibilities for the estimation of electrospun nanofiber diameter distribution by normal (Gaussian) distribution // *Fibres and textiles in Eastern Europe*. – № 24, 2016. P.23...28.
11. *Angammana, C.J. & Jayaram, S.H.* A theoretical understanding of the physical mechanisms of electrospinning, Proceedings of ESA Annual Meeting on Electrostatics. – 2011. P.1...9.
12. *Ellison C.J., Phatak A., Giles D.W., Macosko C.W., Bates F.S.* Melt blown nanofibers: fiber diameter

distributions and onset of fiber breakup // *Polymer*. – №48, 2007. P.3306...3316.

13. *Dosunmu O.O., Chase G.G., Kataphinan W., Reneker D.H.* Electrospinning of polymer nanofibres from multiple jets on a porous tubular surface // *Nanotechnology*. – №17, 2006. P.1123...1127.

14. *Tan D.H., Zhou C., Ellison C.J., Kumar S., Macosko C.W., Bates F.S.* Meltblown fibers: Influence of viscosity and elasticity on diameter distribution // *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*. – №165, 2010. P.892...900.

15. *Hamzeh S., Mirafteb M., Yoosefinedaj A.* Study of electrospun nanofiber formation process and their electrostatic analysis // *Journal of Industrial Textiles*. – №44, 2013. P.147...158.

16. *Колмогоров А.Н.* О логарифмически нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении. – *ДАН СССР* 31, 2 (1941), С. 99...101.

17. *Филиппов А.Ф.* О распределении размеров частиц при дроблении // *Теория вероятности и ее применение*. – 1961, 3 (6). С. 299...318.

18. *Самойлова Т. А.* Разработка методов исследования процессов разъединения, разрыхления и очистки волокнистого сырья с использованием имитационных моделей: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2017.

19. *Самойлова Т.А., Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Савельев С.Г.* Статистические аспекты моделирования рыхления клочков хлопка // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2013, № 1. С. 147...150.

20. *Королев В. Ю.* О распределении размеров частиц при дроблении // *Информатика и ее применение*. – 2009, № 3. С. 60...68.

#### REFERENCES

1. *Filatov Yu.N.* Elektroformovanie voloknistykh materialov (EFV-protsess). – М., 2001.
2. *Bucci R., Clerici F.* Peptide grafting strategies before and after electrospinning of nanofibers // *Acta-Biomaterialia*. – № 122, 2021. P.82...100.
3. *Kudryavtseva V., Tverdokhlebov S.* Magnetron plasma mediated immobilization of hyaluronic acid for the development of functional double-sided biodegradable vascular graft // *Applied Surface Science*. – №529, 2020. P.147...196.
4. *Rethinam S., Gobi N.* Enhanced bone regeneration using an electrospun nanofibrous membrane – A novel approach // *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. – № 53, 2019. P.101...163.
5. *Romo-Urbe A.* Electrospun biomimetic scaffolds of biosynthesized poly( $\beta$ -hydroxybutyrate) from *Azotobacter vinelandii* strains. Cell viability and bone tissue engineering // *Materials for Biomedical Engineering*. – 2019. P.203...234
6. *Corduas F., Lamprou D.A.* Long-acting implantable devices for the prevention and personalised treatment of infectious, inflammatory and chronic diseases // *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. – 2020, № 60. 101952.

7. Joshi G., Yadav K.S. Polylacticoglycolic acid (PLGA)-based green materials for drug delivery // *Applications of Advanced Green Materials*. – 2021. P.425...440.
8. Ryklin D.B., Azarchenko V.M., Demidova M.A. Determination of expedient conditions of electrospinning using variously designed spinning heads // *Fibre Chemistry*. – № 51, 2019. P.223...226.
9. Ryklin D.B., Yasinskaya N.N., Demidova M.A., Azarchenko V.M. Otsenka vliyaniya dobavki glitserina v pryadil'nyy rastvor na strukturu elektroformovannykh materialov // *Mezhdunar. nauch.-prakt. forum "SMART-TEX"*. – 2020, №1. S. 88...93.
10. Milašius R., Malašauskiene J., Kuchanauskaitė E. Possibilities for the estimation of electrospun nanofiber diameter distribution by normal (Gaussian) distribution // *Fibres and textiles in Eastern Europe*. – № 24, 2016. P.23...28.
11. Angamma, C.J. & Jayaram, S.H. A theoretical understanding of the physical mechanisms of electrospinning, *Proceedings of ESA Annual Meeting on Electrostatics*. – 2011. P.1...9.
12. Ellison C.J., Phatak A., Giles D.W., Macosko C.W., Bates F.S. Melt blown nanofibers: fiber diameter distributions and onset of fiber breakup // *Polymer*. – №48, 2007. P.3306...3316.
13. Dosunmu O.O., Chase G.G., Kataphinan W., Reneker D.H. Electrospinning of polymer nanofibres from multiple jets on a porous tubular surface // *Nanotechnology*. – №17, 2006. P.1123...1127.
14. Tan D.H., Zhou C., Ellison C.J., Kumar S., Macosko C.W., Bates F.S. Meltblown fibers: Influence of viscosity and elasticity on diameter distribution // *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*. – №165, 2010. P.892...900.
15. Hamzeh S., Miraftab M., Yoosefinedaj A. Study of electrospun nanofiber formation process and their electrostatic analysis // *Journal of Industrial Textiles*. – №44, 2013. P.147...158.
16. Kolmogorov A.N. O logarifmicheski normal'nom zakone raspredeleniya razmerov chastits pri droblenii. – *DAN SSSR* 31, 2 (1941), S. 99...101.
17. Filippov A.F. O raspredelenii razmerov chastits pri droblenii // *Teoriya veroyatnosti i ee primenenie*. – 1961, 3 (6). S. 299...318.
18. Samoylova T. A. Razrabotka metodov issledovaniya protsessov raz"edineniya, razrykhleniya i ochistki voloknistogo syr'ya s ispol'zovaniem imitatsionnykh modeley: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 2017.
19. Samoylova T.A., Sevost'yanov P.A., Zabrodin D.A., Savel'ev S.G. Statisticheskie aspekty modelirovaniya rykhleniya klochkov khlopka // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2013, № 1. S. 147...150.
20. Korolev V. Yu. O raspredelenii razmerov chastits pri droblenii // *Informatika i ee primenenie*. – 2009, № 3. S. 60...68.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных материалов. Поступила 19.08.21.

УДК 677.06.37:677.84

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_129

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАГУСТОК  
НА ОСНОВЕ УЗХИТАНА ДЛЯ НАБИВКИ ХЛОПКОШЕЛКОВЫХ ТКАНЕЙ\***

**APPLICATION OF UZCHITANE-BASED COMPLEX THICKENERS  
FOR COTTON-SILK FABRIC PACKING**

*Г.А. ИХТИЯРОВА, А.С. МЕНГЛИЕВ, Д.А. ХАЗРАТОВА\*, М.Б. АЮПОВА*

*G.A. IKHTIYAROVA, A.S. MENGLIEV, D.A. KHAZRATOVA\*, M.B. AYUPOVA*

*(Ташкентский государственный технический университет  
им. Ислама Каримова, Республика Узбекистан,*

*\*Бухарский государственный университет, Республика Узбекистан)*

*(Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Republic of Uzbekistan,  
Bukhara State University, Republic of Uzbekistan)*

E-mail: gulnora74@mail.ru

*Приведены результаты исследования печатания хлопкошелковых тканей с использованием природных и синтетических полимеров на основе узхитана, карбоксиметилкрахмала и акрилового полимера. Показано что, синтетический загуститель, включенный в комплексную загустку с природными полимерами, улучшает показатели интенсивности окраски, а узхитан увеличивает ровноту и уменьшает жесткость набивных хлопкошелковых материалов.*

*The results of the study of printing cotton silk fabrics using natural and synthetic polymers based on uzchitan, carboximetilkrakmal and acrylic polymer are presented. It is shown that a synthetic thickener included in a complex thickener with natural polymers improves the color intensity indicators, and uzchitan increases the evenness and reduces the of printed cotton-silk materials.*

**Ключевые слова:** синтетическая акриловая загустка, активные красители, узхитан, природный биополимер, смесовая хлопкошелковая ткань.

**Keywords:** synthetic acrylic thickener, reactive dyes, uzchitan, natural biopolymer, mixed cotton-silk fabric.

---

\* Работа выполнена по прикладному проекту ОТ-А 12-11 на тему "Разработка лабораторной технологии получения полимерных нанокомпозитных текстильных материалов на основе полиакрилатов, хитозана и его производных".

Для текстильной промышленности Узбекистана особую значимость имеют такие научные разработки, которые могут послужить основой для создания новых импортозамещающих экспортоориентированных загусток для печатания ткани, которые занимают ведущее место при выпуске набивных качественных изделий.

Проблема получения полифункциональных комплексных полимерных загустителей для печатания хлопчатобумажных и смесовых тканей, изучения их свойств и структурных особенностей в зависимости от многочисленных факторов является одной из наиболее фундаментально-практических задач современной химии и технологии текстильных материалов.

В этом аспекте несомненный интерес представляет разработка научных основ получения новых смешанных полифункциональных загусток для печатания тканей с использованием отечественных препаратов, позволяющих получить конкурентоспособную текстильную продукцию.

По цветовой гамме активные красители превосходят прямые и кубовые, по яркости – близки к кислотным и основным. Вышеперечисленные свойства наряду с простотой применения позволяют считать эти красители одним из наиболее перспективных классов.

Сложность выбора загустителя активными красителями для печатания хлопчатобумажных тканей заключается в том, что большинство традиционных загустителей по своему химическому строению являются гидроксилсодержащими (полисахаридами), близкими по строению к целлюлозе. Активные красители, легко вступающие в химическую реакцию с гидроксильными группами, будут взаимодействовать и с гидроксилсодержащим загустителем [1]. Этим требованиям не удовлетворяют такие загустители, как крахмал, трагант, камедь и т.п.

Для печатания тканей в качестве загустки активными красителями широкое распространение получили природные полисахариды – альгинаты, модифицированные крахмалы-манутекс. Но производ-

ственников в полной мере не устраивают даже альгинатные загустки, по меньшей мере по двум причинам – это их высокая стоимость и чувствительность к солям жесткости и рН. Также высокой стоимостью сдерживается широкое использование загустителей импортного производства на основе эфиров крахмала, таких как Сольвитоза С-5, Эмпринт СЕ, Моногум и т.д.

В связи с этим разработка высокоэффективных ресурсосберегающих природных и синтетических акриловых полимеров, выпускаемых в Республике Узбекистан, является актуальной проблемой.

В последнее время для загущающих составов активными красителями используют модифицированные крахмалы, альгинат, хитозан, смешанные комплексные загустители на их основе [2]. Применение этих загусток позволяет улучшить показатели печатных тканей; уменьшает расход загущающих материалов, снижает энергозатраты, уменьшает расход химических расщепителей, увеличивая экологическую безопасность технологических процессов.

В последние годы в зарубежной литературе появился ряд работ по прививке синтетических полимеров к нативному крахмалу [3]. Авторы предлагают прививку к картофельному крахмалу метакрилонитрила в присутствии инициатора аммония цитрата. Эти крахмалы имеют повышенную устойчивость к воздействию кислот, у них замедлены набухание и разрыв зерен. Поперечно-связанные крахмалы устойчивы в течение длительного времени в условиях высокой температуры, низкого рН и механического перемешивания.

В качестве загустки при печатании активными красителями используют композицию, содержащую синтетический загуститель на базе акрилата натрия (флопринт ТФ170R ГОСТ 6342–98) и модифицированный альгинат натрия (манутекс RS230) [4].

Хитозан также является превосходным загустителем, так как он придает высокую вязкость при низких концентрациях и обладает адекватным реологическим свойством [5].

Нами также проведено комплексное исследование физико-механических свойств смешанных загусток на основе бентонитовой глины Навбахор, выпускаемой в Республике Узбекистан, при введении акриловых полимеров: унифлок, акриловая эмульсия (АЭ) выпускаемые на предприятии АО "Навоiazот". Чтобы ее перевести в растворимое состояние, нами был проведен щелочной гидролиз. Гидролизованная акриловая эмульсия (ГАЭ) – вязкий коллоидный раствор светло-бежевого цвета, – растворимая в воде в любых соотношениях.

При этом новый состав смешанной загустки приводит к улучшению пластифицирующих, адгезионных, вязкоупругих, тиксотропных и коллоидных свойств, которые играют доминирующую роль при использовании их в качестве загущающего компонента в составе печатных красок [6].

Нами созданы комплексные загустители на основе природного кукурузного карбоксиметилкрахмала (КМК) и синтетических акриловых полимеров [7].

Комплексная загустка на основе КМК–унифлок-ГАЭ – экономит добавление бикарбоната натрия, мочевины в два раза и достигнет должного уровня, которым должна обладать печатная краска, и улучшит колористические свойства набивных хлопчатобумажных тканей [8].

Также на основе хитозана, синтезированного из куколок тутового шелкопряда *Bombyx mori*, в научном Институте АН РУз химия и физика полимеров с карбоксиметилкрахмалом и ГАЭ разработаны комплексные загустители для печатания смешанной ткани [9], [10], хлопок-шелк для замены импортной загустки Манутекс RS. узхитан – водорастворимый смешанный полимер на основе хитозана и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Эксперименты проведены на совместном предприятии Бухара-Китай “Bukhara Brilliant Silk”. (табл. 1 – колористические показатели и печатно-технические свойства набивных хлопкошелковых тканей (активный яркий синий КТ)).

Т а б л и ц а 1

Компоненты, входящие в состав загустки	Интенсивность цвета К/S	Насыщенность С,%	Жесткость ткани, мкН·см <sup>2</sup>	Неровнота окраски Ср.max
Манутекс RS	20,2	488	8324	0,06
DGT	16,8	466	10150	0,18
Узхитан : КМК : ГАЭ (масс.соотношение 1,0:4,0:2,0)	19,8	484	9450	0,09

Как видно из табл.1, колористические и печатно-технические свойства набивных тканей хлопок-шелк улучшаются, жесткость ткани уменьшается по сравнению импортной загусткой DGT. Интенсивность печатного рисунка, полученного с использованием композиционного загустителя,

также выше, чем при использовании загустки на основе импортной DGT.

Далее изучены степень фиксации различных активных красителей набивных хлопкошелковых тканей по сравнению традиционной загусткой (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Загустка, краситель	Степень фиксации, %	Интенсивность К/S	Жесткость ткани, мкН·см <sup>2</sup>
Разработанная узхитан- КМК -ГАЭ			
Активный красный 6С	72,1	22,3	8450
Активный оранжевый 5К	68,8	21,4	9387
Ярко-синий КТ	76,3	19,8	9450
Традиционная DGT			
Активный красный 6С	62,7	18,5	8824
Активный оранжевый 5К	58,1	17,5	9780
Ярко-синий КТ	64,0	16,8	10150

Как видно из табл. 2, разработанные смешанные загустители на основе узхитан-КМК-ГАЭ обеспечивают высокую интенсивность цвета и степень фиксации активного красителя.

## ВЫВОДЫ

1. Яркость печатного рисунка, полученного с использованием предлагаемой загустки на основе узхитан-КМК-ГАЭ превосходит яркость печатного рисунка, полученного с использованием импортного загустителя DGT.

2. Печать с разработанной новой загусткой для смешанной ткани по прочности к мокрым обработкам, а также по интенсивности, не уступает печати с импортной DGT загусткой китайского производства.

3. Применение новой загустки при набивке хлопкошелковых тканей позволяет получать более мягкий гриф и высокую степень фиксации по сравнению с образцами, напечатанными с импортной загусткой.

4. Смыываемость загустителя при печати предлагаемой загусткой выше, чем при печати ходовой загусткой, а также жесткость ткани уменьшается.

При проведении испытаний не было выявлено технических осложнений, связанных с оборудованием и процедурой приготовления загустки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Романова М.Г., Гордеева Н.В. Активные красители в текстильной промышленности. –М.: Легпромбытиздат, 1986.
2. Akcakoca Kumbasar P.E., Bide M. Reactive dye printing with mixed thickeners on viscose // Dyes and pigments. – 47, 2000. P.189...199.
3. Никитенкова В.Н. Разработка технологии печатания хлопчатобумажных тканей пигментными красителями с использованием хитозана: Дисс....канд. техн. наук. –М., 2002.
4. Меньшова И.И., Большакова Н.Е., Ярова Л.В., Черкакина Т.А. Применение смешанной композиции из пригодного и синтетического загустителя в печатании активными красителями // Текстильная промышленность. – 2006, №1-2. С.36...40.
5. Сафонов В.В., Никитенкова В.Н. Технология использования хитозана в колорировании тек-

стильных материалов // Текстильная промышленность. – 2001, №5. С.41...42.

6. Ихтиярова Г.А. Изучение физико-химических и колористических свойств напечатанных тканей с загустителем из бентонитовой глины и синтетических полиакрилатов // Пластические массы. – 2009, №2. С. 36...38.

7. Махкамов М., Ихтиярова Г.А. Синтез и свойства карбоксиметилкрахмала // Текстильная промышленность, – 2017, №6. С. 286...291.

8. Ихтиярова Г.А. и др. Разработка технологии получения смешанного загустителя на основе карбоксиметилкрахмала и полиакрилатов пригодных для печатания ткани // Химия и химическая технология. – 2014, №1. С.33...37.

9. Ихтиярова Г.А. и др. Изучения реологических свойств комплексных загусток на основе карбоксиметилкрахмала, узхитана и акриловых полимеров // Вестник НУУз. – 2016, №3. С. 274...276.

10. Ikhtiyarova G.A., Mengliyev A.S. New thickener on the basis of carboxymethylstarch and synthetic polyacrylates for printing cotton fabrics // Journal of engineering sciences and research technology. – India, 2018 (8).

## REFERENCES

1. Romanova M.G., Gordeeva N.V. Aktivnye krasiteli v tekstil'noy promyshlennosti. –M.: Legprombytizdat, 1986.
2. Akcakoca Kumbasar P.E., Bide M. Reactive dye printing with mixed thickeners on viscose // Dyes and pigments. – 47, 2000. P.189...199.
3. Nikitenkova V.N. Razrabotka tekhnologii pechataniya khlopchatobumazhnykh tkaney pigmentnymi krasitelyami s ispol'zovaniem khitozana: Diss....kand. tekhn. nauk. –M., 2002.
4. Men'shova I.I., Bol'shakova N.E., Yarova L.V., Cherkasina T.A. Primenenie smeshannoy kompozitsii iz prigodnogo i sinteticheskogo zagustitelya v pechatanii aktivnymi krasitelyami // Tekstil'naya promyshlennost'. – 2006, №1-2. S.36...40.
5. Safonov V.V., Nikitenkova V.N. Tekhnologiya ispol'zovaniya khitozana v kolorirovanii tekstil'nykh materialov // Tekstil'naya promyshlennost'. – 2001, №5. S.41...42.
6. Ikhtiyarova G.A. Izuchenie fiziko-khimicheskikh i koloristicheskikh svoystv napechatannykh tkaney s zagustitelem iz bentonitovoy gliny i sinteticheskikh poliakrilatov // Plasticheskie massy. – 2009, №2. S. 36...38.
7. Makhkamov M., Ikhtiyarova G.A. Sintez i svoystva karboksimetilkrakhmala // Tekstil'naya promyshlennost', – 2017, №6. S. 286...291.
8. Ikhtiyarova G.A. i dr. Razrabotka tekhnologii polucheniya smeshannogo zagustitelya na osnove karboksimetilkrakhmala i poliakrilatov prigodnykh dlya pechataniya tkani // Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. – 2014, №1. S.33...37.
9. Ikhtiyarova G.A. i dr. Izucheniya reologicheskikh svoystv kompleksnykh zagustok na osnove



karboksimeilkrakhmala, uzkhitana i akrilovykh polimerov // Vestnik NUUZ. – 2016, №3. S. 274...276.

10. Ikhtiyarova G.A., Mengliyev A.S. New thickener on the basis of carboxymethylstarch and synthetic polyacrylates for printing cotton fabrics // Journal of

engineering sciences and research technology. – India, 2018 (8).

Рекомендована кафедрой общей химии ТГТУ им. Ислама Каримова. Поступила 23.04.21.

УДК 677.027

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_133

**РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКСИПРОЛИНА  
В БИОЛОГИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ**

**THE DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL COATING  
FOR DETERMINATION OF OXIPROLIN  
IN BIOLOGICAL MATERIAL**

*К.А. ЕРЗУНОВ, Е.В. РУМЯНЦЕВ, Е.Л. АЛЕКСАХИНА,  
Л.С. ПЕТРОВА, В.Е. РУМЯНЦЕВА, О.И. ОДИНЦОВА*

*K.A. ERZUNOV, E.V. RUMYANTSEV, E.L. ALEKSAKHINA,  
L.S. PETROVA, V.E. RUMYANTSEVA, O.I. ODINTSOVA*

**(Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Ивановский государственный политехнический университет,  
Ивановская государственная медицинская академия Минздрава Российской Федерации)**

**(Ivanovo State University of Chemistry and Technology,  
Ivanovo State Polytechnic University,  
Ivanovo State Medical Academy of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation)**

E-mail: erzunovk@mail.ru

*Повышенная концентрация гидроксипролина в биологическом материале свидетельствует о протекающих деструктивных процессах белка коллагена в тканях организма. В настоящей работе разрабатывается метод создания функционального покрытия на специальном носителе. Полученный образец представляет собой индикаторную тест-полоску для быстрого и точного определения оксипролина в биологических жидкостях, таких как кровь, моча, слюна. Принцип действия материала основан на цветной реакции Эрлиха – появления яркой окраски при взаимодействии индикаторного реагента (парадиметиламинобензальдегида) с оксипролином. На основании ранее проведенных исследований значений капиллярности и разрывной нагрузки различных носителей в качестве основы тест-полосок выбрали хроматографическую бумагу марки “средняя”. Получение полосок осуществляли методом текстильной печати с использованием метилцеллюлозы в качестве загустителя. Изучены окислительные свойства выбранных химических соединений и определена оптимальная концентрация компонентов системы. Проведено исследование эффективности стабилизаторов пероксида водорода для повышения окислительных свойств состава. Определены технологические параметры текстильной печати тест-полосок.*

*The increased concentration of hydroxyproline in the biological material indicates the ongoing destructive processes of the collagen protein in the tissues of the body. In this work, a method is developed for creating a functional coating on a special carrier. The resulting sample is an indicator test strip for quick and accurate determination of hydroxyproline in biological fluids such as blood, urine, saliva. The principle of operation of the material is based on the Ehrlich color reaction of the appearance of a bright color when the indicator reagent (paradimethylaminobenzaldehyde) interacts with hydroxyproline. Based on previous studies of the values of capillarity and breaking load of various carriers, chromatographic paper of the "average" brand was chosen as the basis of the test strips. The strips were obtained by textile printing using methylcellulose as a thickener. The oxidizing properties of the selected oxidants have been studied and the optimal concentration of the system components has been determined. A study of hydrogen peroxide stabilizers to increase the oxidizing properties of the composition was carried out. The technological parameters of textile printing of test strips have been determined.*

**Ключевые слова:** функциональное покрытие, послойная хроматография, параметиламинобензальдегид, индикаторные реакции, оксипролин, воспалительные процессы, текстильная печать, тест-полоски.

**Keywords:** functional coating, layer-by-layer chromatography, paramethylaminobenzaldehyde, indicator reactions, hydroxyproline, inflammatory processes, textile printing, test strips.

Определение оксипролина в биологическом материале (слюне, моче, сыворотке крови и пр.) является важным инструментом при диагностировании целого ряда заболеваний. Увеличение концентрации оксипролина в биологических жидкостях является одним из основных признаков, свидетельствующих о деструктивных процессах основного белка соединительной ткани – коллагена [1]. Известно, что у здорового человека около 20% оксипролинсодержащих пептидов, высвобождаемых из коллагеновых молекул, экскретируется с мочой. При этом содержание свободной фракции оксипролина увеличивается, а содержание связанной фракции уменьшается. Выраженность биохимических изменений мочи коррелирует с тяжестью патологического процесса. Например, воспаление тканей пародонта характеризуется увеличением в слюне уровня оксипролина. В настоящее время выделяют несколько заболеваний пародонта, такие как гингивит, пародонтит, пародонтоз, вызывающие воспалительные и деструктивные процессы в тка-

нях пародонта [2]. Также изменения уровня оксипролина наблюдаются при псориазе [3], приобретенных пороках сердца [4], пиелонефритах у детей [5] и других часто встречающихся заболеваниях. Однако существующие на данный момент методы диагностики являются неточными и трудоемкими, поэтому большинство методов по диагностике заболеваний базируется только на состоянии самого больного.

Попытки упрощения способа определения оксипролина предпринимались неоднократно [6], [7]. Известен способ определения белково-связанного оксипролина, основанный на осаждении его смесью трихлоруксусной и хлорной кислот [8]. При использовании подобных методов возникает необходимость применения дорогостоящей спектрофотометрической аппаратуры и проведения стандартной пробы, что делает невозможным осуществление их в домашних условиях для самоконтроля здоровья пациентов. Повышение точности и объективности, а также оперативность диагностики воспалительных заболеваний

возможно при использовании в качестве маркера величины концентрации оксипролина в биологическом материале.

Целью данной работы является разработка функционального покрытия индикаторных тест-полосок для определения оксипролина в биологических жидкостях.

Определение оксипролина с помощью тест-полосок предполагает нанесение на целлюлозный носитель специального покрытия, включающего последовательно нескольких слоев реагентов, а именно: загуститель, окислитель, специальный реагент (индикатор).

Выбор индикатора для обнаружения оксипролина основан на использовании цветной реакции Эрлиха, в результате которой характерно появление красной окраски в слабокислом растворе при взаимодействии с пара-диметиламинобензальдегидом (п-ДМБА) пирролов, фуранов, индолов и других гетероциклических соединений с незамещенным реакционно-способным положением в кольце. С помощью реакции Эрлиха или ее модификации можно дифференцировать индол-положительные и индол-отрицательные микроорганизмы.

Нанесение покрытия на основу осуществляли методом текстильной печати. На основании ранее проведенных исследований в качестве носителя для печатной композиции была выбрана хроматографическая бумага марки "средняя". Для загу-

щения предложенной композиции применяли загуститель метилцеллюлозу (МЦ) [9], [10].

В качестве окислителей оксипролина в работе использовали пероксид водорода и хлорит натрия. Данные окислители обладают высокой окислительной активностью и не оказывают воздействия на материал носителя. Для поддержания рН среды использовали различные добавки: щавелевая кислота, аскорбиновая кислота и солевые растворы. Покрытие наносили послойно так, чтобы при опускании материала в раствор биологической жидкости оксипролин за счет капиллярных сил поднимался вверх, окислялся и взаимодействовал с параметиламинобензальдегидом.

С целью достижения более четкого отпечатка и предотвращения размытия пятна при его проявлении наносили слой гидрофобизатора, в качестве которого был выбран парафин.

Поскольку композиция для определения оксипролина является многокомпонентной и требует послойного нанесения, значительное уменьшение капиллярности существенно сужает выбор окислителя и его концентрационный диапазон. Скорость проявления окраски характеризуется буферным периодом, который представляет собой время, необходимое для прохождения реакции Эрлиха. В табл. 1 представлена оценка окислительных свойств перекисных соединений и хлорита натрия.

Т а б л и ц а 1

Состав композиции (слоями)	Концентрация	Буферный период
1. 0,5 см – пустое поле; 2. МЦ + щавелевая к-та + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (37%); 3. Щавелевая к-та + H <sub>2</sub> O; 4. МЦ + щавелевая к-та + H <sub>2</sub> O + п-ДМБА + C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ОН	1. - 2. 0,75г+0,25г+25мл 3. - 4. 1,5г+0,5г+23мл+1г+20мл	Для свежизготовленной полоски – 2...3 с
1. 0,5 см – пустое поле; 2. МЦ + аскорбиновая к-та + NaClO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O; 3. Аскорбиновая/щавелевая к-та + H <sub>2</sub> O; 4. МЦ+аскорбиновая к-та+H <sub>2</sub> O+п-ДМБА + C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ОН.	1. - 2. 0,75г+0,25г + 1,5г + 22,5 мл 3 - 4. 0,5г+0,25г+24мл+0,5г+10мл	Нестабильный, при нагревании до 60°С - 30 мин

Применение пероксида водорода значительно ускоряет время протекания реакции окисления оксипролина, наблюдается быстрое интенсивное окрашивание тест-полоски. Однако скорость и интенсивность

проявления окраски значительно снижается в зависимости от периода времени, прошедшего после приготовления полоски. Это обусловлено ослаблением окислительных свойств пероксида водорода на

воздухе. Для ограничения контакта пероксида водорода с кислородом воздуха на слой, содержащий окислитель, был дополнительно нанесен защитный фрагмент хроматографической бумаги. Было установлено, что нанесенный слой хроматографической бумаги не мешает определению оксипролина, так как не снижает капиллярных свойств носителя.

При использовании в качестве окислителя оксипролина хлорита натрия проявление окраски протекает около 5 ч в зависимости от концентрации окислителя. Таким образом, для всех исследованных в качестве окислителей соединений необходим поиск стабилизаторов или интенсификаторов.

Чтобы стабилизировать пероксид, опробовали ряд концентраций Трилона-Б, динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты и метасиликат натрия – применяемый в отделочном производстве стабилизатор пероксида водорода [11...14]. В таблице 2 представлено влияние добавки стабилизатора на окислительную способность пероксида водорода, исследуемую в течение четырех месяцев.

Пероксид водорода, стабилизированный Трилоном-Б, сохраняет свои окислительные свойства по отношению к оксипролину в течение не менее 4 месяцев (табл. 2 – характеристика стабилизирующего действия Трилона-Б).

Т а б л и ц а 2

№	Состав композиции	Концентрация	Технология нанесения	Качество отпечатка
1	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + трилон-Б	0,75г МЦ + 25мл 37% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 1,4 г трилон-Б	Интенсивное перемешивание композиции, печать с помощью мягкой ракли	свежеизготовленная (четкий, яркий)
3	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + трилон-Б	0,75г МЦ + 25мл 37% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 1,4 г трилон-Б		1 месяц (четкий, яркий)
4	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + трилон-Б	0,75г МЦ + 25мл 37% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 1,4 г трилон-Б		4 месяца (четкий, яркий)

Стабилизирующее действие добавки метасиликата натрия характеризуют данные табл. 3. Окислительная стабильность пероксида водорода в присутствии мета-

силиката натрия значительно ниже, отпечаток становится нечетким через месяц после приготовления полоски.

Т а б л и ц а 3

№	Состав композиции	Способ нанесения	Время проявления окраски	Время после изготовления полоски	Качество отпечатка
1	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Интенсивное перемешивание композиции, печать с помощью мягкой ракли	1...2 мин	свежеизготовленная	четкий, яркий
2	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>			1 месяц	четкий, менее яркий
3	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>			4 месяца	почти не проявляется

Для достижения наибольшей эффективности тест-полосок определяли основные технологические параметры печати на целлюлозном носителе. Для увеличения скорости окисления оксипролина варьировали величину слоя окислителя от 0,5 до 1 см при неизменной максимально возможной концентрации наносимого на носитель раствора. Однако при этом снижалась четкость отпечатка, поскольку время на подъем столбика жидкости увеличивается, и

фронт поднимающейся жидкости искривляется. Поэтому для достижения более четкого отпечатка постепенно добавляли парадиметилбензальдегид (2...3 мм) от слоя окислителя, увеличивая концентрацию индикаторного реагента. При этом окрашенное пятно проявлялось более ровно и четко. За 10 мин поднимающийся равномерный окрашенный слой доходил до слоя парафина и наблюдался в виде яркой полосы.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, изучены окислительные свойства окислителей, таких как пероксид водорода и хлорит натрия по отношению к оксипролину. Наиболее быстрое проявление окраски наблюдается для покрытий, в состав которых входят перекисные соединения. При использовании в качестве окислителя хлорита натрия окисление проходит значительно медленнее с дополнительным нагреванием полоски.

В качестве стабилизаторов пероксида водорода опробованы Трилон-Б и метасиликат натрия. Установлено, что Трилон-Б и метасиликат натрия стабилизируют окислительное действие пероксида водорода во времени. Однако при использовании в качестве стабилизатора пероксида водорода метасиликата натрия четкость отпечатка сохраняется в течение месяца, тогда как система, включающая Трилон-Б, позволяет добиться четкого отпечатка даже после четырех месяцев.

Для защиты окислителя от внешних воздействий слой, содержащий окислитель, был заклеен хроматографической бумагой.

Получены модельные индикаторные тест-полоски с функциональным покрытием для определения оксипролина в биологических средах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ignateva N.Yu., Danilov N.A., Averkiev S.V., Obrezkova M.V., Lunin V.V., Sobol E.N. Determination of hydroxyproline in tissues and the evaluation of the collagen content of the tissues // *Journal of Analytical Chemistry*. – V. 62, 2007. P. 51...57.
2. Вавилова Т.П. Биохимия тканей и жидкостей полости рта. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008.
3. Загртдинова Р.М., Шараев П.Н., Колясева Н.А. Показатели обмена соединительной ткани при псориатической болезни // *Вестник дерматологии и венерологии*. – 2001, № 5. С. 47...48.
4. Чурилина А.В., Москалюк О.Н. Нарушение метаболизма соединительной ткани при некоторых патологических состояниях у детей // *Здоровье ребенка*. – 2006. Т. 1, № 1.
5. Сафина А.И., Мальцев С.В., Захарова Н.Р., Шараев П.Н. Клиническое значение показателей обмена соединительной ткани у детей с пиелонефритом // *Российский педиатрический журнал*. – 2005, №1. С. 44...47.

6. Большакова С.Б., Дроздова Л.Н., Лада Е.В. Определение содержания оксипролина в моче больных системным остеохондрозом // *Лабораторное дело*. – 1982, №9. С. 27...29.

7. Шарарев П.Н., Ботникова Е.А., Иванов В.М., Зубарев О.М., Малинин О.В., Зубкова С.В. Определение свободного и связанного оксипролина в моче // *Лабораторное дело*. – 1990, №12. С. 23...25.

8. Cissell D.D., Link J.M., Hu J.C., Athanasiou K.A. Modified Hydroxyproline Assay Based on Hydrochloric Acid in Ehrlich's Solution Accurately Measures Tissue Collagen Content // *Tissue Engineering Part C: Methods*. – V. 23, №4, 2017. P. 243...250.

9. Ерзунов К.А., Есина О.А., Петрова Л.С., Алексахина Е.Л., Одинцова О.И. Разработка тест-полоски для диагностики воспалительного процесса тканей пародонта // В кн.: *Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах* // Тез. докл. Междунар. научн. конф. – Санкт-Петербург, 2020. С. 33...34.

10. Ерзунов К.А., Есина О.А., Алексахина Е.Л., Петрова Л.С., Одинцова О.И. Разработка тест-полосок для определения оксипролина в биологических жидкостях // *Вестник технологического университета*. – 2021. Т. 24, № 1. С. 5...9.

11. Лазарев Н.В., Левина Э.И. Вредные вещества в промышленности // *Справочник для химиков, инженеров, врачей*. – В 3-х томах. – Т.1...3, изд. 7, перераб. и доп.

12. Галашина В.Н. и др. Белотекс МС – эффективный стабилизатор беления тканей // *Текстильная промышленность*. – 1996, №6. С.30...32.

13. Калдыбаев Р.Т., Набиев Д.С., Калдыбаева Г.Ю., Жунисбекова Д.А., Такибаева Г.А., Темиришников К.М., Жолаева Н. Исследование возможности стабилизации и снижения скорости разложения пероксида водорода в процессе отбеливания хлопковой целлюлозы // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2019, №1. С. 214...218.

14. Калдыбаев Р.Т., Набиев Д.С., Калдыбаева Г.Ю., Елдияр Г.К., Махмудова М.А., Турганбаева А.А. Исследование влияния стабилизаторов пероксида водорода на качество целлюлозной продукции // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2019, №6. С. 165...170.

## REFERENCES

1. Ignateva N.Yu., Danilov N.A., Averkiev S.V., Obrezkova M.V., Lunin V.V., Sobol E.N. Determination of hydroxyproline in tissues and the evaluation of the collagen content of the tissues // *Journal of Analytical Chemistry*. – V. 62, 2007. P. 51...57.
2. Vavilova T.P. Biokhimiya tkaney i zhidkostey polosti rta. – M.: GEOTAR-Media, 2008.
3. Zagrtdinova R.M., Sharaev P.N., Kolyaseva N.A. Pokazateli obmena soedinitel'noy tkani pri psoriaticheskoy bolezni // *Vestnik dermatologii i venerologii*. – 2001, № 5. S. 47...48.

4. Churilina A.V., Moskalyuk O.N. Narushenie metabolizma soedinitel'noy tkani pri nekotorykh patologicheskikh sostoyaniyakh u detey // Zdorov'e rebenka. – 2006. T. 1, № 1.
5. Safina A.I., Mal'tsev S.V., Zakharova N.R., Sharaev P.N. Klinicheskoe znachenie pokazateley obmena soedinitel'noy tkani u detey s pielonefritom // Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal. – 2005, №1. S.44...47.
6. Bol'shakova S.B., Drozdova L.N., Lada E.V. Opredelenie sodержaniya oksiprolina v moche bol'nykh sistemnym osteokhondrozom // Laboratornoe delo. – 1982, №9. С. 27...29.
7. Shararev P.N., Botnikova E.A., Ivanov V.M., Zubarev O.M., Malinin O.V., Zubkova S.V. Opredelenie svobodnogo i svyazannogo oksiprolina v moche // Laboratornoe delo. – 1990, №12. S. 23...25.
8. Cissell D.D., Link J.M., Hu J.C., Athanasiou K.A. Modified Hydroxyproline Assay Based on Hydrochloric Acid in Ehrlich's Solution Accurately Measures Tissue Collagen Content // Tissue Engineering Part C: Methods. – V. 23, №4, 2017. P. 243...250.
9. Erzunov K.A., Esina O.A., Petrova L.S., Aleksakhina E.L., Odintsova O.I. Razrabotka test-poloski dlya diagnostiki vospalitel'nogo protsessа tkaney parodonta // V kn.: Innovatsionnye napravleniya razvitiya nauki o polimernykh voloknistykh i kompozitsionnykh materialakh // Tez. dokl. Mezhdunar. nauchn. konf. – Sankt-Peterburg, 2020. S. 33...34.
10. Erzunov K.A., Esina O.A., Aleksakhina E.L., Petrova L.S., Odintsova O.I. Razrabotka test-polosok dlya opredeleniya oksiprolina v biologicheskikh zhidkostyakh // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. – 2021. T. 24, № 1. S. 5...9.
11. Lazarev N.V., Levina E.I. Vrednye veshchestva v promyshlennosti // Spravochnik dlya khimikov, inzhenerov, vrachey. – V 3-kh tomakh. – T.1...3, izd. 7, pererab. i dop.
12. Galashina V.N. i dr. Beloteks MS – effektivnyy stabilizator beleniya tkaney // Tekstil'naya promyshlennost'. – 1996, №6. S.30...32.
13. Kaldybaev R.T., Nabiev D.S., Kaldybaeva G.Yu., Zhunisbekova D.A., Takibaeva G.A., Temirshikov K.M., Zholaeva N. Issledovanie vozmozhnosti stabilizatsii i snizheniya skorosti razlozheniya peroksida vodoroda v protsesse otbelki khlopkovoy tsellyulozy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №1. S. 214...218.
14. Kaldybaev R.T., Nabiev D.S., Kaldybaeva G.Yu., Eldiyar G.K., Makhmudova M.A., Turganbaeva A.A. Issledovanie vliyaniya stabilizatorov peroksida vodoroda na kachestvo tsellyuloznoy produktsii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №6. S. 165...170.

Рекомендована кафедрой естественных наук и техносферной безопасности ИВГПУ. Поступила 20.08.21.

УДК 687.016

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_139

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЯГКОТЕЛЬНЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ ДВОЙНИКОВ  
ТИПОВЫХ РОССИЙСКИХ ФИГУР  
ДЛЯ ПРИМЕРКИ КОМПРЕССИОННОЙ ОДЕЖДЫ\***

**DESIGNING OF DEFORMABLE DIGITAL TWINS  
OF TYPICAL RUSSIAN WOMEN BODIES  
FOR COMPRESSION CLOTHES VIRTUAL TRY-ON**

*И.В. ЖУКОВА, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ*

*I.V. ZHUKOVA, V.E. KUZMICHEV*

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: iren932@gmail.com; wkd37@list.ru

*В статье представлены результаты проектирования мягкотельного цифрового двойника российской женской типовой фигуры. Определены исходная антропометрическая информация и алгоритм его генерирования. Выполнено генерирование цифровых двойников при разных условиях сжатия ее мягких тканей компрессионной одеждой.*

*The article presents the results of deformable digital twins of typical Russian women body designing. The initial anthropometric data and algorithm of its generation were determined. The digital twins were generated under different compressive conditions of its soft fabric by compression garments.*

**Ключевые слова:** российская женская фигура, размерные признаки, деформация фигуры, цифровой двойник, цифровая среда.

**Keywords:** Russian women body, measurements, compression, deformable digital twin, virtual reality.

Компьютерное моделирование применяют для разработки одежды разной степени сложности. Благодаря возможностям современных программ виртуальных примерок появляется реальная возможность проектирования эргономичных изделий,

избегая дорогостоящих экспериментов. Рынок клиентов, использующих при проектировании одежды виртуальные манекены, растет на 20...30% ежегодно [1]. Однако из-за отсутствия мягкотельных цифровых двойников типовых фигур (МЦД) пока

\* Работа выполнена по гранту РФФИ и Ивановской области, номер проекта 20-47-370006.

сложно проектировать компрессионную одежду, размеры которой меньше размеров манекена. Проектирование цифровых двойников фигуры человека основано на следующих базах данных: в виде антропометрических измерений и набора сечений [2]; в виде трехмерных сканов (цифровых клонов) [3...5]. Для проектирования МЦД необходима дополнительная антропометрическая база данных, которая, помимо перечисленных вариантов, должна содержать информацию о сжимаемости мягких тканей под влиянием компрессионного давления и изменении в сжатом состоянии размерных признаков.

Целью настоящей работы является разработка принципов проектирования МЦД на основе цифровых клонов типовых женских фигур.

Объектами исследования служили 50 женщин в возрасте от 18 до 26 лет, без видимых отклонений антропоморфного телосложения, со следующими размерными признаками, см: рост Р - 156,3...173,7, обхват груди третий Огз- 80,2...108,3, обхват талии От - 56,2...83,4, обхват бедер Об - 79,5...104,6. Фигуры распределены по полнотным группам следующим образом [6], %: нулевая - 20, первая - 26, вторая - 42, третья - 12.

В качестве средств исследования были взяты бодисканер INTAILOR 3-D Scanning фирмы Human Solutions (Германия) и компьютерная программа Rhinoceros.

Деформацию фигур с целью изменения их пластики, то есть моделирование процесса превращения твердотельного двойника в мягкотельный, осуществляли в области талии как наиболее подверженной изменению под влиянием компрессионного давления одежды следующими способами:

- естественное максимально возможное вытягивание живота (в дальнейшем использован символ ж),

- утягивание неэластичным поясом шириной 14 см (символ п),

- утягивание корсетом (символ к).

Утягивание фигуры проводили до достижения максимально возможных значений деформации мягких тканей, определяемой по реакции носчиков.

Размерные признаки фигур – в исходном и деформированном состояниях – измеряли бодисканером в антропометрической позе согласно стандартам [7...10].

Механизм трансформации торса исходной фигуры в деформированную был описан следующими размерными признаками: обхватом талии и высотой выступающей точки грудных желез. Эти размерные признаки наиболее сильно изменяются при деформации фигуры компрессионной одеждой.

Величины деформации фигур рассчитывали по формулам:

$$\delta_i = (O_{Ti} - O_T) \cdot 100 / O_T, \quad (1)$$

где  $O_T$  – обхват талии исходной фигуры, см;  $O_{Ti}$  – обхват талии деформированной фигуры, см;

$$Z_i = (V_{sti} - V_{стф}) \cdot 100 / V_{стф}, \quad (2)$$

где  $V_{ст}$  – высота выступающей точки грудных желез исходной фигуры, см;  $V_{sti}$  – высота выступающей точки грудных желез точки деформированной фигуры, см.

Относительные данные изменения этих размерных признаков приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Полнотная группа	Величина деформации обхвата талии, %			Величина перемещения выступающей точки грудных желез, %		
	дж	дп	дк	Zж	Zп	Zк
0	0,6...2,3	1,1...3,9	2,5...5,2	0,1...1,1	1,1...1,9	2,0...3,0
1	0,7...2,5	2,4...4,6	4,8...6,8	0,3...1,3	1,3...2,3	2,2...3,4
2	0,8...2,7	2,7...5,0	5,2...9,8	0,5...1,5	1,4...2,4	2,4...3,6
3	0,9...2,9	3,0...6,2	7,8...11,1	0,6...1,8	1,5...2,5	2,5...4,0



Установлено, что с увеличением номера полнотной группы, то есть при увеличении объема мышечно - жировой ткани, величины принудительного уменьшения обхвата талии изменяются для всех выбранных средств деформирования (естественного и компрессионного): с увеличением полнотной группы с нулевой до четвертой деформация (утяжка) увеличивается в 1,2...2,1 раза. Максимальные значения перемещения выступающей точки грудных желез имеют место при использовании корсета и составляют 3,0...4 %.

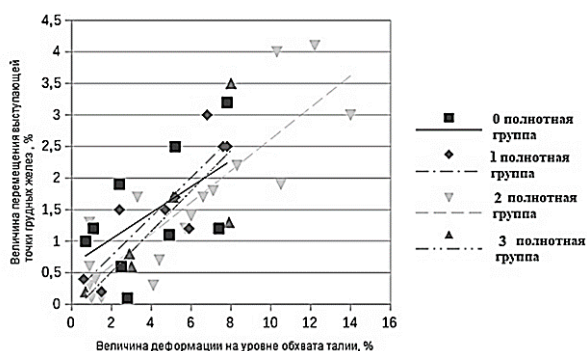


Рис. 1

Чтобы спрогнозировать перемещение основных точек грудных желез, исследовали зависимости между изменением обхвата талии и высотой выступающей точки грудных желез. Зависимости на рис. 1 (графики зависимости между величинами деформации талии и перемещения выступающей точки грудных желез точки для женских фигур) отражают закономерности изменения пластики фигур каждой полнотной группы. Видно, что с увеличением деформации талии выступающая точка грудных желез перемещается вверх. Наиболее ярко такая зависимость выражена для фигуры второй полнотной группы.

На рис. 2 (схемы работы с профильными проекциями виртуальных клонов: а – угла пространственной ориентации фигуры  $U_{\text{поф}}$ ; б – положения корпуса Пк; в – глубины талии первой  $\Gamma_{T1}$  и второй  $\Gamma_{T2}$ ) показаны схемы параметризации профильных проекций виртуальных клонов женских фигур, результаты которой необходимы для правильной ориентации в пространстве МЦД. В качестве регуляторов выбраны проекционные признаки: 1) угол пространственной ориентации фигуры  $U_{\text{поф}}$ , измеряемый между перпендикуляром, опущенным из местоположения седьмого шейного позвонка (ТОШЗ) к площади стояния фигуры, и наклонной линией, соединяющей седьмой шейный позвонок и крайнюю пяточную точку (ПТ), 2) положение корпуса Пк, 3) глубины талии первая  $\Gamma_{T1}$  и вторая  $\Gamma_{T2}$  (в). Результаты измерений проекционных размерных признаков представлены в табл. 2.

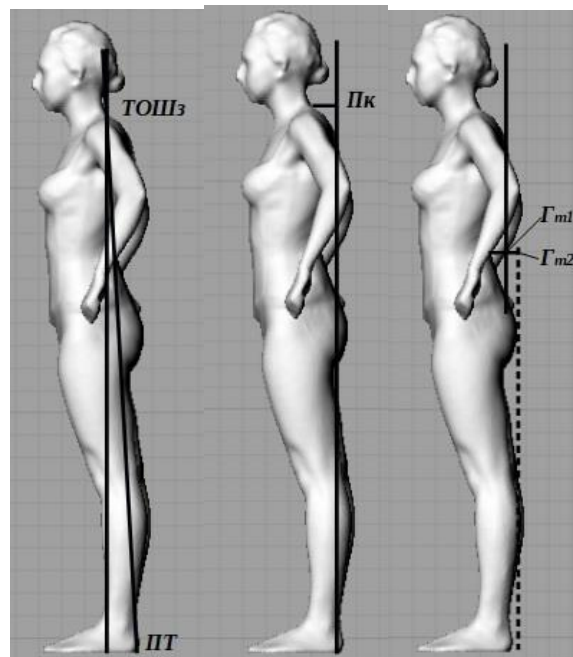


Рис. 2

Т а б л и ц а 2

Размерный признак	Значение размерного признака для полнотной группы			
	0	1	2	3
Пк, см	5,45±0,85	6,25±0,95	5,35±1,75	5,85±0,45
$\Gamma_{T1}$ , см	5,4±1,8	3,85±1,35	4,45±1,95	4,55±0,5
$\Gamma_{T2}$ , см	5,9±0,9	7,1±2,0	6,9±1,7	4,2±1,6
$U_{\text{поф}}$ , град	1,28±0,19	2,03±0,32	1,99±0,23	2,71±0,63

Перечисленные признаки наряду с указанными в стандарте [5] составили новую антропометрическую базу данных для генерирования МЦД.

Генерирование МЦД включало построение каркаса и моделирование поверхности с учетом различных компрессионных условий в программе Rhinoceros. Каркас поверхности МЦД получали из сечений на ос-

новных (груди, талии, бедер) и дополнительных уровнях с шагом 2 см [11]. Построение поверхности цифровых клонов и ее аппроксимация выполнена с применением трехмерных сплайн-поверхностей: контрольные точки на сплайн-поверхностях располагали таким образом, чтобы наиболее точно повторить поверхность цифровых клонов [12].

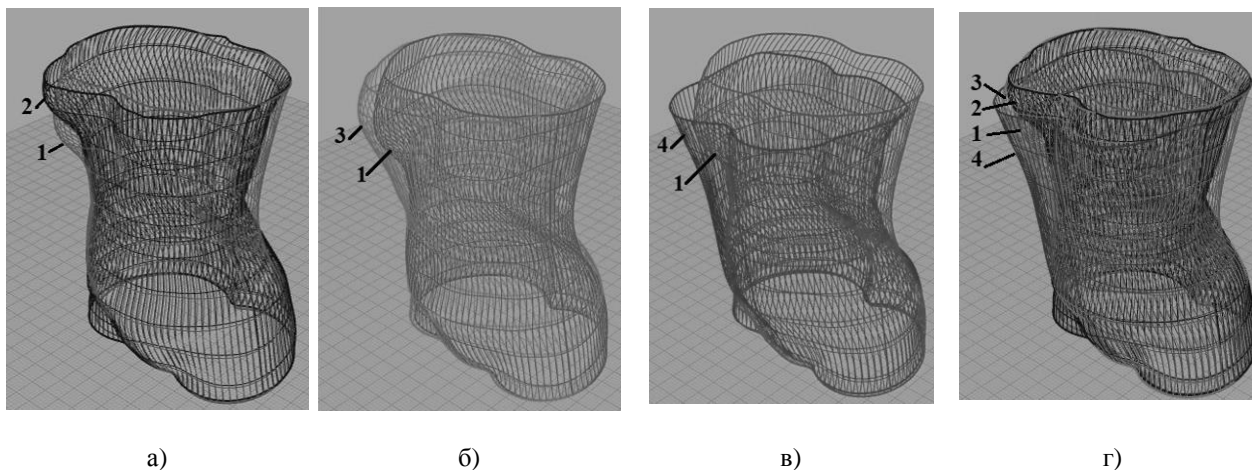


Рис. 3

На рис. 3 показаны поверхности торсов цифровых клонов женской фигуры второй полнотной группы при различных условиях сжатия мягких тканей. На рис. 3 приняты следующие обозначения: исходная фигура 1; втягивание живота 2 (а); утягивающий

пояс 3 (б); корсет 4 (в); совмещенные клоны (г). Видно, что при исследованных схемах деформации по-разному изменяются пластика и конфигурация контура поверхности женской фигуры.

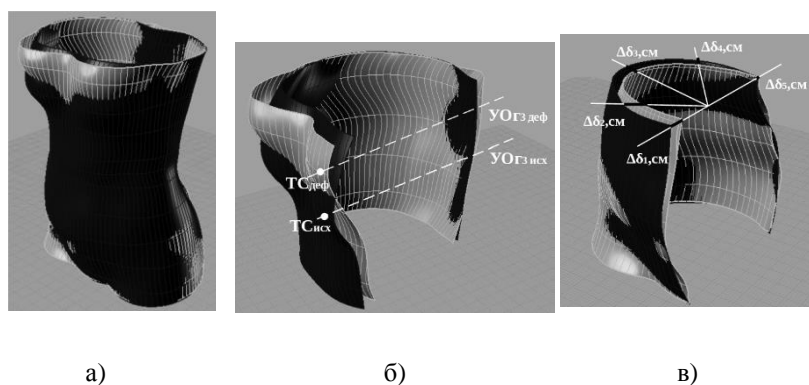


Рис. 4

Генерирование поверхности торса МЦД выполняли на основании установленных зависимостей на рис. 1 посредством перестроения исходной поверхности с использованием подхода искусственного интеллекта. Новую поверхность МЦД "притяги-

вали" к ней точкам исходной поверхности ТЦД, моделируя таким образом деформацию необходимых участков. Процесс "притягивания" точек от твердотельной к мягкой поверхности происходит по нормали между ними. На рис. 4 показан вари-

ант деформации ТЦД в мягкотельный МЦД под влиянием компрессии: а – внешний вид совмещенных поверхностей ТЦД (1) и МЦД (2); б – перемещение точек поверхности на уровне обхвата груди; в – перемещение точек поверхности на уровне обхвата талии.

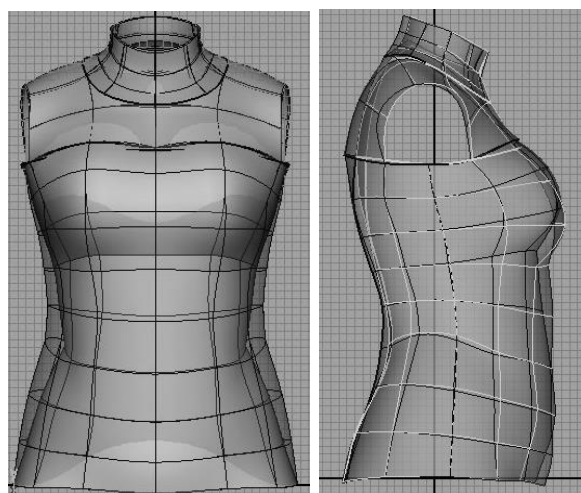
При трансформации ТЦД точки его поверхности (ТСисх) на уровне обхвата груди

третьего (УОгзисх) смещаются вверх до нового уровня (УОгз деф), а точки в области обхвата талии смещаются к конструктивному центру фигуры на величину сжатия ( $\Delta\delta$ ). Для цифровых клонов второй полнотной группы экспериментально измеренные величины перемещения точек в области талии представлены в табл. 3 (единица измерения – сантиметр).

Т а б л и ц а 3

$\Delta\delta_1$	$\Delta\delta_2$	$\Delta\delta_3$	$\Delta\delta_4$	$\Delta\delta_5$
2,2±0,4	1,9±0,25	1,4±0,3	0,25±0,05	0,05±0,02

На рис. 5 представлен окончательный результат трансформации ТЦД в МЦД при максимальной деформации мягких тканей женской фигуры исходного размерного варианта, см: Р -164; Ог3 - 92; Об - 98.



а) б)  
Рис. 5

При проектировании МЦД типовых российских фигур можно использовать существующие базы сканированных индивидуальных фигур. Все исследованные цифровые мягкотельные цифровые двойники типовых фигур представлены в формате \*.obj, что позволяет легко их интегрировать в любой САПР общего и специального назначения.

## ВЫВОДЫ

Определены основные принципы проектирования мягкотельных цифровых двойников российских женских типовых фигур

на основе новой исходной информации, включающей размерные признаки фигур и величины их деформации под влиянием компрессионного давления в области талии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тушкин И. Виртуальные манекены: расширение функциональности [Электронный ресурс]. <https://zoom.cnews.ru/> (дата обращения 11.04.2020).
2. Sheng Fuu Lin, Shih-Che Chien. Create a Virtual Mannequin Through the 2-D Image-based Anthropometric Measurement and Radius Distance Free Form Deformation // International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). – Vol. 2. Is.4, 2011.
3. Тутова А.А., Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Особенности построения трехмерной модели манекена для одежды по данным трехмерного сканирования // Современные проблемы науки и образования. – 2015, № 2-1.
4. Петросова И.А. Разработка методологии проектирования внешней формы одежды на основе трехмерного сканирования: Дис. ... докт. техн. наук. – М.: МГУДТ, 2014.
5. Кузнецова, А.В., Кузьмичев В.Е. Совершенство проектирования манекенов фигур типового телосложения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 1. С. 99...104.
6. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. – М.: ОАО "ЦНИИШП", 2003.
7. ISO 7250-1:2017 Basic human body measurements for technological design — Part 1: Body measurement definitions and landmarks [Электронный ресурс]. ISO. [сайт]. [2019]. URL:<https://www.iso.org/standard/65246.html> (дата обращения 04.10.2019)
8. ISO/TR 7250-2:2010 Basic human body measurements for technological design — Part 2: Statistical summaries of body measurements from national populations [Электронный ресурс]. ISO. [сайт]. [2019]. URL:<https://www.iso.org/standard/41249.html> (дата обращения 04.10.2019).

9. ISO 20685-1:2018 3D-scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3D-body scans [Электронный ресурс]. ISO. [сайт]. [2019]. URL:<https://www.iso.org/standard/63260.html> (дата обращения 04.10.2019).

10. ISO 20685-2:2015 Ergonomics – 3D-scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part 2: Evaluation protocol of surface shape and repeatability of relative landmark positions [Электронный ресурс]. ISO. [сайт]. [2019]. URL:<https://www.iso.org/standard/63261.html> (дата обращения 04.10.2019).

11. Сахарова Н.А., Жукова И.В. Преимущества использования современных технологий 3D-сканирования для генерирования виртуальных манекенов фигур // Сб. научн. ст. 3-й Междунар. научн. конф. перспективных разработок молодых ученых: Наука молодых – будущее России. – В 6 томах. – Курск, 2018. С. 327...330.

12. Тисленко И.В. Разработка метода проектирования компрессионной трикотажной одежды: Дис. ... канд. техн. наук. – Иваново: ИВГПУ, 2018.

#### REFERENCES

1. Tishkin I. Virtual'nye manekeny: rasshirenie funktsional'nosti [Elektronnyy resurs]. <https://zoom.cnews.ru/> (data obrashcheniya 11.04.2020).

2. Sheng Fuu Lin, Shih-Che Chien. Create a Virtual Mannequin Through the 2-D Image-based Anthropometric Measurement and Radius Distance Free Form Deformation // International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). – Vol. 2. Is.4, 2011.

3. Tutova A.A., Petrosova I.A., Guseva M.A., Andreeva E.G. Osobennosti postroeniya trekhmernoj modeli manekena dlya odezhdy po dannym trekhmernogo skanirovaniya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2015, № 2-1.

4. Petrosova I.A. Razrabotka metodologii proektirovaniya vneshney formy odezhdy na osnove trekhmernogo skanirovaniya: Dis. ... dokt. tekhn. nauk. – М.: MGUDT, 2014.

5. Kuznetsova, A.V., Kuz'michev V.E. Sovershenstvovanie proektirovaniya manekenov figur tipovogo teloslozheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, № 1. С. 99...104.

6. Tipovye figury zhenshchin. Razmernye priznaki dlya proektirovaniya odezhdy. – М.: ОАО "TsNIIShP", 2003.

7. ISO 7250-1:2017 Basic human body measurements for technological design — Part 1: Body measurement definitions and landmarks [Elektronnyy resurs]. ISO. [sayt]. [2019]. URL:<https://www.iso.org/standard/65246.html> (data obrashcheniya 04.10.2019)

8. ISO/TR 7250-2:2010 Basic human body measurements for technological design — Part 2: Statistical summaries of body measurements from national populations [Elektronnyy resurs]. ISO. [sayt]. [2019]. URL:<https://www.iso.org/standard/41249.html> (data obrashcheniya 04.10.2019).

9. ISO 20685-1:2018 3D-scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3D-body scans [Elektronnyy resurs]. ISO. [sayt]. [2019]. URL:<https://www.iso.org/standard/63260.html> (data obrashcheniya 04.10.2019).

10. ISO 20685-2:2015 Ergonomics – 3D-scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part 2: Evaluation protocol of surface shape and repeatability of relative landmark positions [Elektronnyy resurs]. ISO. [sayt]. [2019]. URL:<https://www.iso.org/standard/63261.html> (data obrashcheniya 04.10.2019).

11. Sakharova N.A., Zhukova I.V. Preimushchestva ispol'zovaniya sovremennykh tekhnologiy 3D-skanirovaniya dlya generirovaniya virtual'nykh manekenov figur // Sb. nauchn. st. 3-y Mezhdunar. nauchn. konf. perspektivnykh razrabotok molodykh uchennykh: Nauka molodykh – budushchee Rossii. – V 6 tomakh. – Kursk, 2018. S. 327...330.

12. Tislenko I.V. Razrabotka metoda proektirovaniya kompressionnoy trikotazhnoy odezhdy: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Ivanovo: IVGPU, 2018.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 17.05.21.

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ МОДЕЛЕЙ МУЖСКОЙ ОДЕЖДЫ  
С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА\*****DEVELOPMENT OF NEW MODELS MEN'S CLOTHING  
TAKING INTO ACCOUNT THE RECOMMENDATIONS  
OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE***Р.С. РОМАНОВСКИЙ, И.А. ПЕТРОСОВА, Е.Г. АНДРЕЕВА, Е.А. ШИПИЛОВА**R.S. ROMANOVSKY, I.A. PETROSOVA, E.G. ANDREEVA, E.A. SHIPILOVA***(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))****(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))**

E-mail: 76802@mail.ru

*Развитие современных технологий позволяет привлечь к сбору данных и аналитике модных тенденций искусственный интеллект. В работе поставлена и решена задача распознавания модельных особенностей мужской одежды с помощью нейронной сети. Используются традиционные методы систематизации и классификации, экспертных оценок, ранговой корреляции Спирмена, а также технологии искусственного интеллекта. Сформирована обучающая база изображений (более 1500), которая содержит заданные экспертами классы модельных особенностей мужского пиджака. В качестве классов выделены: силуэт, форма покроя рукава, форма отлета воротника и лацкана, форма и положение карманов. Проведено обучение сверточной нейронной сети на базе контрольных изображений, на которых классы не выделены. Точность предсказания каждого класса зависит от количества изображений в обучающей выборке, позы модели, цвета изделия. Доказана возможность в автоматизированном режиме определять класс и подсчитывать частоту его встречаемости, что позволяет выделить модные силуэт и форму конструктивно-декоративных элементов на основе изображений с коллекциями предстоящих сезонов.*

*The development of modern technologies makes it possible to attract artificial intelligence to data collection and analysis of fashion trends. The paper sets and solves the problem of recognizing the model features of men's clothing using a neural network. Traditional methods of systematization and classification, expert assessments, Spearman rank correlation, as well as artificial intelligence technologies are used. A training database of images (more than 1500) has been formed, which contains classes of model features of a men's jacket set by experts. The following classes are highlighted: silhouette, the shape of the cut of the sleeve, the shape of the departure of the collar and lapel, the shape and position of the pockets. A convolutional neural network was trained on the basis of control images, on which classes are not allocated. The accuracy of the prediction of each class depends on the number of images in the training sample, the pose of the model, the color of the product. It is proved that it is possible to determine the class in an automated mode and calculate the frequency of its occurrence, which allows you to highlight the*

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ. Проект 19-37-90089.

*fashionable silhouette and shape of structural and decorative elements based on images with collections of upcoming seasons.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейронные сети, проектирование одежды, массовая кастомизация.

**Keywords:** artificial intelligence, neural networks, clothing design, mass customization.

*Введение.* В связи с пандемией коронавируса мировой спрос на fashion-продукцию сократился на 15...20% [1]. Производители прибегают к ассортиментным стратегиям, чтобы сократить остатки продукции. Сбор данных и аналитика играют все более важную роль в процессе принятия решений, помогая компаниям отслеживать изменение спроса по географическим регионам, категориям, каналам и сегментам. На этом этапе встает вопрос о проектировании промышленных коллекций одежды, в которых были бы учтены запросы потребителей, модные тренды, сменяемость модных форм, силуэтов и цветов, а также была бы предусмотрена возможность кастомизации модели из промышленной коллекции с учетом прогнозируемых модных трендов. Развитие современных технологий позволяет привлечь к решению этого вопроса искусственный интеллект. Современные компьютеры и программы справляются с поиском информации и работой с большими базами данных легче и быстрее человека. При этом для развития таких систем неинтересно полностью автоматизированное принятие решений. Принципиально важно, чтобы система анализировала, находила заданные параметры, оценивала точность, могла сделать перенастройку при необходимости, то есть особенно важен сценарий контролируемого обучения (*supervised learning*) или сочетание самообучения и обучения экспертом (*assisted learning*) [2]. В связи с этим актуален вопрос разработки отечественных технологий выделения модных форм для промышленных коллекций одежды с учетом рекомендаций искусственного интеллекта.

*Литературный обзор.* Из анализа уровня развития технологий в области применения искусственного интеллекта для поиска модных форм и силуэтов известны промышленные решения. Например, компания EDITED разработала программу, которая умеет отличать модели одного дизайнера от других, находить схожие элементы стиля [3]. Система, разработанная в Мельбурнском королевском технологическом университете в сотрудничестве с компаниями Clarifai и Nextatlas, способна анализировать по журнальным фото, как на протяжении полувека менялись тренды в одежде беременных женщин в Австралии [4]. Американская компания Stitch Fix совмещает усилия искусственного интеллекта и дизайнеров для анализа модных трендов, на основе которого делают рекомендации [5].

Google совместно с The Business of Fashion разработали ИИ, который помогает изучать цветовые тренды модных показов [6]. Для создания инструмента разработчики проанализировали 140 тысяч фотографий с подиума. В базе данных нейронной сети фотографии с показов за 4 последних года более 1000 дизайнеров. С помощью платформы можно наглядно изучить цветовые тренды на показах мод. Преимуществом инструмента является подбор фотографий моделей одежды с показов при выборе любого цвета разработанной карты.

Такая организация, как Pantone [7], в своем прогнозировании широко использует данные изображений из модных коллекций, которые анализирует искусственный интеллект, путем определения набора цветовых палитр. Авторы из Высшей школы культурных технологий, Республика Корея,

в своем исследовании доказали высокий потенциал применения машинного обучения в индустрии моды для прогнозирования таких элементов дизайна одежды, как цвет [8].

Широко применяют машинное обучение для генерации персональной одежды для разных типов потребителей, однако основной проблемой универсальных систем становится неоднородность базы данных, по которой проводится обучение и которая должна включать разные виды одежды – пальто, платья, юбки и т.д., как например, в системе в предлагаемой авторами Singh M., Bajrai U., Prasath S. [9]

Известны производственные решения. Так, компания Glitch использует систему искусственного интеллекта, с помощью которой формирует внешний вид одежды, основываясь на пожеланиях покупателей [10]. Авторы из Кореи Zhao L., Muzhen L. и Peng S. разрабатывают новую систему анализа модных тенденций под названием "Neo-Fashion" [11], которая дает рекомендации о потенциальных модных тенденциях. "Neo-Fashion" включает в себя три модуля: модуль сбора и маркировки данных, модуль сегментации экземпляров и модуль анализа тенденций.

По данным отчета исследовательской компании McKinsey Company к 2022 г. ежегодные расходы на применение ИИ в ритейле возрастут до 7,3 млрд. долларов. Применение обученной нейросети для прогнозирования модных форм промышленных коллекций является актуальной задачей. Необходим комплексный подход к поиску модной формы, который должен учитывать сведения о предпочитаемых моделях одежды, полученные маркетинговыми отделами компаний, учитывать данные модных показов и, возможно, вносить коррективы с учетом личных предпочтений потребителей из базы данных предприятий о прошлых покупках.

Из анализа литературы становится ясно, что основной проблемой для получения работоспособных решений на основе искусственного интеллекта становится создание обучающей базы данных и критерии, которые задают разработчики системы для при-

нятия решения. Следовательно, актуально предложить технологию анализа коллекций прошлых лет с помощью нейронных сетей, которая позволит проектировать новые модели одежды с учетом модных тенденций для выпуска востребованной продукции. В работе выполнено обучение нейронной сети, основанное на выделении наиболее часто встречающегося структурного элемента изделия по данным модных показов.

*Методы.* Наряду с традиционными методами систематизации и классификации, экспертных оценок, ранговой корреляции Спирмена использованы технологии искусственного интеллекта.

*Данные.* Изображения для анализа модных форм получены из открытых он-лайн ресурсов (*vogue.ru*, *businessoffashion.com*, *vogue.ua*, *bazaar.ru*, *officiel-online.com*, *glamour.ru* и др.). В первую партию данных включались любые изображения: с высоким и низким разрешением, с фоном или без фона, сидящие и стоящие модели, демонстрирующие одежду. По результатам первичного тестирования нейронной сети сформулированы более строгие требования к изображениям, включаемым в обучающую выборку. Требования, предъявляемые к изображению: поза фигуры статическая (полностью исключены позы в движении); фон – любой (однотонный, цветной и т.д.), разрешающая способность изображения не менее 700x900 пикселей; одна фигура на изображении; запрещено включать изображения, снятые с разных ракурсов: вид сзади и сбоку.

Сформирована обучающая база данных изображений, которая содержит 1500 изображений классического мужского пиджака. Формирование обучающей выборки заключается в выделении на изображении конструктивных элементов, определяющих особенности модельного решения пиджака, так называемые классы. В качестве классов выделены следующие: 1) силуэт: 1.1 – прямой, 1.2 – прилегающий, 1.3 – полуприлегающий, 2) форма покроя рукава: 2.1 – втачной, 2.2 – реглан, 3) форма бортовой застежки: 3.1 – центральная, 3.2 – смещенная; 4) форма лацкана: 4.1 – остроугольный; 4.2



– прямой; 5) форма карманов: 5.1 – прорезной в рамку; 5.2 – прорезной с клапаном; 5.3 – накладной. Выделение классов происходит с помощью специального приложения с присвоением номера класса. Выделение классов на изображениях мужских пиджаков в обучающей базе данных выполнено экспертами-магистрантами второго курса, обучающимися по направлению 29.04.05 "Конструирование изделий легкой промышленности". Для оценки согласованности мнений экспертов на примере контрольной выборки из 30 изображений выполнен следующий эксперимент. Профессором кафедры ХМ, К и ТШИ задано верное значение встречаемых классов на каждом из изображений контрольной выборки. Затем каждый эксперт-магистрант выделял на изображении классы. На одном изображении можно было выделить несколько одинаковых классов, если они там встречались (рис. 1 – выделение классов на изображении).

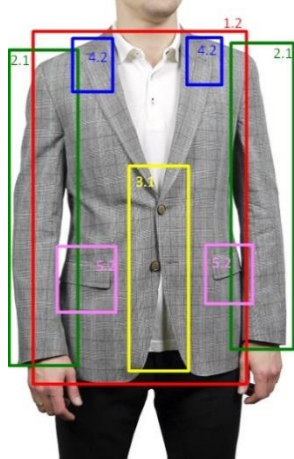


Рис. 1

Так, например, на виде спереди можно было выделить два класса, обозначающих покрой рукава под номером 2.1.; два класса, обозначающих форму лацкана под номером 4.2; два класса, обозначающих форму карманов под номером 5.2 (рис. 1). С помощью метода ранговой корреляции Спирмена определена теснота корреляционной связи эксперта-профессора с мнением группы экспертов-магистрантов. Коэффициент Спирмена в размере 0,94 показывает тесную связь и согласованность мнений

эксперта и группы. С помощью экспертов-магистрантов произведено выделение классов на каждом изображении обучающей базы данных, содержащей около 1500 изображений.

*Обучение нейронной сети.* Обучение нейронной сети *Keras* (открытая нейросетевая библиотека, написанная на языке *Python*) в составе *TensorFlow* (открытая программная библиотека для машинного обучения, разработанная компанией *Google* для решения задач построения и тренировки нейронной сети с целью автоматического нахождения и классификации образов, достигая качества человеческого восприятия. При обучении сети происходит следующее. Сеть смотрит через рамку, ограничивающую конструктивный элемент и обозначенную номером класса. Видит, например, вертикальную линию, обозначающую центральную застежку. Надо помнить, что при обучении на каждой итерации сеть пересчитывает фильтры, получая новые примитивные графические элементы. При этом находит тонкие корреляции и отношения между этими графическими элементами. Упрощенно, не вдаваясь в подробности, можно описать обучение нейронной сети следующим образом. На входные нейроны сети подаются числовые значения. Начинает работать *forward propagation algorithm*. На промежуточных уровнях срабатывают функции, фильтры и все остальное, что было "выучено" сетью на прошлых данных. Когда сеть добирается до конечного слоя, она сравнивает свой результат с правильным результатом из обучающей выборки. Далее вычисляется ошибка (расхождение) с правильным результатом. После этого запускается обратный проход по сети. В это время работает *back propagation algorithm*, который идет по сети в обратном направлении и пересчитывает веса, связанные с нейронами в узлах внутренних слоев нейронов. Веса пересчитываются так, чтобы уменьшить величину расхождения ("ошибку"), вычисленную на прямом проходе. После чего подается следующий обучающий набор данных.

*Стратификация данных.* Важным фактором, влияющим на качество обучения и



распознавания, является количество изображений одного и того же класса в обучающей выборке. Если брать все данные без анализа, то отдельные типы классов многократно превышают числом другие, и сеть получает для обучения разбалансированный набор данных. Например, на рис. 2 показано распределение классов в обучающей выборке данных по частоте встречаемости.

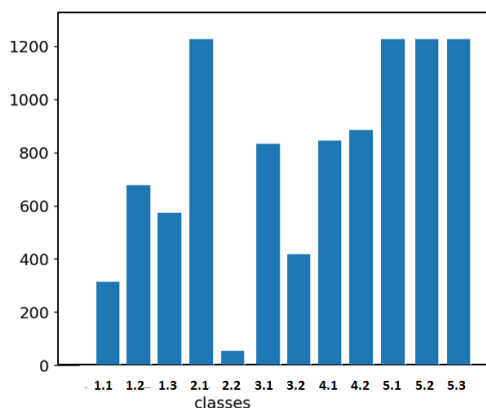


Рис. 2

Для такого поведения существуют объективные причины. Например, на одном изображении пиджака можно отметить наличие только одной застёжки, но при этом двух рукавов, двух лацканов и двух карманов. Проблема многократного распознавания одного и того же вида конструктивного элемента решается учетом показателя

*confidence* (процент "уверенности" сети в правильности распознавания этого элемента) и геометрией расположения элемента на изображении. Из всех объектов, претендующих на "зону" этого элемента, выбирается тот, в котором сеть уверена больше всего, остальные отбрасываются.

Для достижения более высокой уверенности сети в результате распознавания в процессе проведения обучения принято решение уменьшить количество классов и производить распознавание конструктивных элементов только по одной стороне фигуры на изображении.

Сформирована контрольная база данных, по которой выполнялась проверка результатов обучения, включающая 500 изображений мужских пиджаков. Результаты распознавания конструктивных элементов на изображении после сокращения количества классов в обучающей выборке значительно улучшились. Так, показатель точности предсказания вырос на 2,0...3,0%. При этом средне-квадратичное отклонение существенно уменьшилось (рис. 3 – улучшение показателей сети после снижения количества классов). Показатель  $mAP@0.5$  выражает медиану серии измерений при коэффициенте уверенности сети в точности предсказания на уровне 50%. Его средне-квадратическое отклонение уменьшилось почти в десять раз.

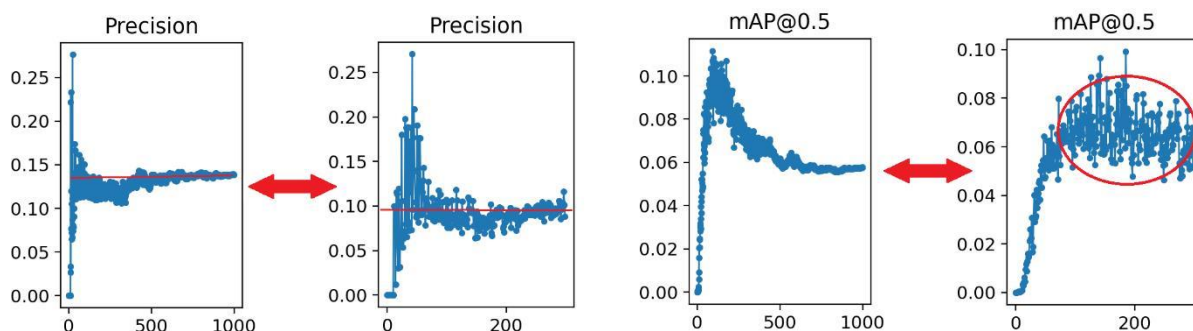


Рис. 3

Каждому файлу с базой данных фотоматериалов моделей одежды присваивается информация о сезоне, в котором демонстрировались содержащиеся в файле модели (временной маркер). Временной маркер позволяет нейронной сети формировать

хронологическую сменяемость распознанных конструктивных элементов. Таким образом, пройдя обучение, нейронная сеть в автоматизированном режиме способна определять номер класса по каждому конструктивному элементу, подсчитывать их

количество, что помогает формировать пакет данных, среди которых сетью рекомендованы как актуальные наиболее часто встречающиеся виды конструктивных элементов, выделенные на основе загруженных и обработанных входных изображений моделей мужских пиджаков.

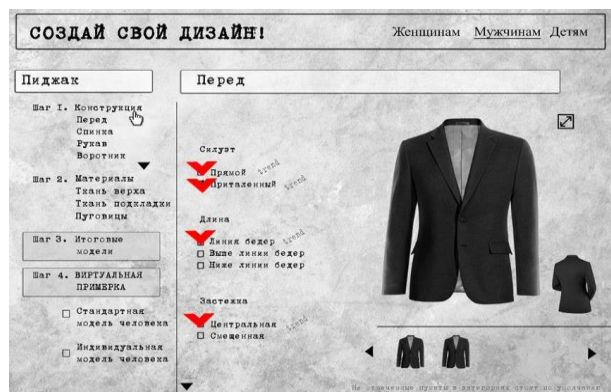


Рис. 4

Полученные с применением нейронной сети рекомендации используют для разработки типовой базовой конструкции и уни-

фицированных деталей при проектировании промышленных коллекций мужских пиджаков. В работе предложена автоматизированная система агрегатирования выделенных конструктивных элементов в единый внешний вид изделия. На первом этапе пользователь взаимодействует с конструкторским разделом (рис. 4), в котором может выбрать в категориях "Перед", "Спинка", "Рукав", "Воротник", "Форма лацкана" один или несколько вариантов конструктивного решения.

Варианты демонстрируются пользователю в виде графического изображения. Для выбора требуемой формы конструктивного элемента необходимо выделить его, поставив галочку (рис.4). В списке вариантов некоторые выделены как "trend", это говорит о том, что указанный конструктивный элемент выделен с помощью обученной нейронной сети и соответствует тренду на предстоящий сезон. Переходить по категориям можно как последовательно, так и без соблюдения очередности.

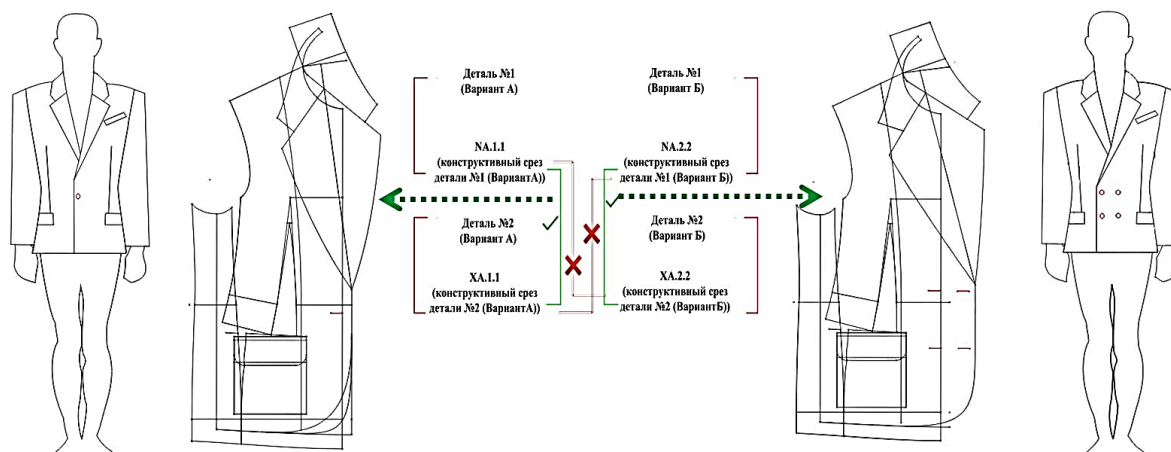


Рис. 5

В основе работы программы по автоматизированному проектированию швейных изделий лежит процесс распознавания конструктивных точек, конструктивных срезов деталей швейных изделий и автоматизированное определение конструктивно-технологической реализации того или иного конструктивно-технологического узла, базируясь на сопряжении подходящих кодов конструктивных срезов деталей и отклонении неподходящих (рис. 5 – выбор деталей мужского пиджака). Код конструктивного

среза детали включает в себя комбинацию из четырех символов: первый и второй символы латинского алфавита обозначают конструктивную точку детали швейного изделия, третий числовой символ позволяет программе определять подходящие варианты деталей для образования конструктивно-технологического узла (возможность реализации конструктивно-технологического узла) и четвертый числовой символ определяет порядковый номер варианта детали швейного изделия.

На рис. 5 приведен пример проверки соответствия деталей переда и подборта друг другу для моделей, отличающихся по форме застежки (справа модель со смещенной бортовой застежкой, слева с центральной бортовой застежкой). Пользователь не видит процесс подбора деталей, а получает результат в виде сформированных возможных конструктивных решений моделей мужского пиджака.

Этап 2 заключается в выборе желаемых материалов для модели в категориях "Ткань верха", "Ткань подкладки", "Фурнитура/Пуговицы". Процесс работы в разделе, аналогичный процессу ранее рассмотренному в разделе "Конструкция". В каждой категории раздела "Материалы" необходимо выбрать вид ткани. В правой области страницы программы происходит демонстрация графических изображений возможных моделей швейных изделий. При выборе образцов тканей/материалов вместе с их демонстрацией в эскизе отображается информация о составе и цветовом решении.

В зависимости от количества выбранных вариантов в каждой категории автоматически формируется соответствующее количество эскизов в нижней части демонстрационного поля, а также в разделе "Итоговые модели". Метод агрегатирования позволяет программе создавать все возможные комбинации соединения выбранных пользователем конструктивных элементов мужского пиджака. В результате пользователь получает все варианты уникальных эскизов изделия. В разделе программы "Итоговые модели" (Этап 3) происходит ранжирование эскизов в зависимости от количества структурных элементов, имеющих пометку "trend". Чем больше таких элементов в изделии, тем выше позиция такой модели и тем более она рекомендуется пользователю к запуску в производство.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, предложенный подход позволит минимизировать затраты времени на поиск актуальной формы, конструктивно-декоративных элементов, модного цвета и материала для производства новых

промышленных коллекций. Нейронные сети в состоянии в режиме реального времени анализировать большое количество данных и предлагать наиболее предпочтительную, персонализированную для каждого клиента продукцию. Применение искусственного интеллекта для выбора актуальных моделей одежды для формирования промышленных ассортиментных коллекций расширит производственные возможности компаний, у брендов появляется инструмент, с помощью которого можно персонально до каждого потребителя донести подробную информацию о продукте, помочь клиенту сэкономить время и подобрать наиболее подходящую и необходимую для него одежду.

## ЛИТЕРАТУРА

1. The State of Fashion 2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.businessoffashion.com/reports/news-analysis/the-state-of-fashion-2021-industry-report-bof-mckinsey> (дата обращения: 25.02.2021).
2. Голуб А. Искусственный интеллект для моды. – Минск: Дискурс, 2019.
3. EDITED company [Электронный ресурс]. URL: <https://edited.com/> (дата обращения: 25.02.2021).
4. Clarifai [Электронный ресурс]. URL: <https://www.clarifai.com> (дата обращения: 25.02.2021).
5. BURO [Электронный ресурс]. URL: <https://www.buro247.ru/technology/trends/11-sep-2017-ai-to-change-fashion-forever.html> (дата обращения: 25.02.2021).
6. Fashionnet [Электронный ресурс]. URL: <https://fashionnet.ru/uncategorized/nejroset-google-sozdala-interaktivnuyu-tsvetovuyu-kartu-mody/> (дата обращения: 11.03.2021).
7. Pantone [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pantone.com/> (дата обращения: 11.03.2021).
8. Han, A., Kim, J., & Ahn, J. (2021). Color Trend Analysis using Machine Learning with Fashion Collection Images // Clothing and Textiles Research Journal, OnlineFirst, 1.
9. Singh M., Bajpai U., Prasath S. Generation of fashionable clothes using generative adversarial networks // International Journal of Clothing Science and Technology. – 32(2), 2019. P. 177...187.
10. Мартыненко А. Искусственный интеллект "Glitch" разработал авторскую линию женской одежды. – Техкульт [Электронный ресурс]. URL: <https://www.techcult.ru/technology/6890-glitch-razrabotal-avtorskuyu-liniyu-odezhdy> (дата обращения: 11.03.2021).
11. Zhao L., Muzhen L., Peng S. (2021). Neo-Fashion: A Data-Driven Fashion Trend Forecasting System

## REFERENCES

1. The State of Fashion 2021 [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.businessoffashion.com/reports/news-analysis/the-state-of-fashion-2021-industry-report-bof-mckinsey> (data obrashcheniya: 25.02.2021).
2. Golub A. *Iskusstvennyy intellekt dlya mody.* – Minsk: Diskurs, 2019.
3. EDITED company [Elektronnyy resurs]. URL: <https://edited.com/> (data obrashcheniya: 25.02.2021).
4. Clarifai [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.clarifai.com> (data obrashcheniya: 25.02.2021).
5. BURO [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.buro247.ru/technology/trends/11-sep-2017-ai-to-change-fashion-forever.html> (data obrashcheniya: 25.02.2021).
6. Fashionnet [Elektronnyy resurs]. URL: <https://fashionnet.ru/uncategorized/nejroset-google-sozdala-interaktivnyuyu-tsvetovuyu-kartu-mody/> (data obrashcheniya: 11.03.2021).
7. Pantone [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.pantone.com/> (data obrashcheniya: 11.03.2021).
8. Han, A., Kim, J., & Ahn, J. (2021). Color Trend Analysis using Machine Learning with Fashion Collection Images // Clothing and Textiles Research Journal, OnlineFirst, 1.
9. Singh M., Bajpai U., Prasath S. Generation of fashionable clothes using generative adversarial networks // International Journal of Clothing Science and Technology. – 32(2), 2019. P. 177...187.
10. Martynenko A. *Iskusstvennyy intellekt "Glitch" razrabotal avtorskuyu liniyu zhenskoy odezhdy.* – Tekhkul't [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.techcult.ru/technology/6890-glitch-razrabotal-avtorskuyu-liniyu-odezhdy> (data obrashcheniya: 11.03.2021).
11. Zhao L., Muzhen L., Peng S. (2021). Neo-Fashion: A Data-Driven Fashion Trend Forecasting System Using Catwalk Analysis // Clothing and Textiles Research Journal. OnlineFirst, 1.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Поступила 19.07.21.

УДК 677.057

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_153

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФОРМЫ КРИВЫХ КОНТАКТА ВАЛКОВ  
В ДВУХВАЛКОВОМ МОДУЛЕ**

**ANALYTICAL DESCRIPTION OF THE CONTACT CURVE SHAPE  
OF THE ROLLS IN THE TWO-ROLLER MODULE**

*Ш.Р. ХУРРАМОВ*

*SH.R. KHURRAMOV*

(Ташкентский архитектурно-строительный институт, Республика Узбекистан,  
Институт механики и сейсмостойкости сооружений  
им.М.Т.Уразбаева АН Республики Узбекистан)

(Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Republic of Uzbekistan,  
Institute of Mechanics and Seismic Resistance of Structures  
named after M.T. Urazbaev of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan)

E-mail: shavkat-xurramov59@mail.ru

*В статье приведены результаты аналитического описания формы кривых контакта валков в двухвалковом модуле. Найдены уравнения кривых контакта валков в случае, когда деформационные свойства контактирующих тел описаны эмпирическими степенными зависимостями. Выявлено, что эти кривые описывают все частные случаи взаимодействия обрабатываемого материала с парами валков в двухвалковых модулях.*

*The article presents the results of analytical description of the contact curve shape of the rolls in the two-roller module. Equations for the curve contact of the rolls are found under conditions of the deformation properties of the contacting bodies being described by empirical power dependences. These curves were revealed to describe all special cases of interaction of the processed material with pairs of rolls in two-roll modules.*

**Ключевые слова:** двухвалковый модуль, кривые контакта валков, уравнения кривых контакта валков.

**Keywords:** two-roll module, the curve contact of the rolls, equations for the curve contact of the rolls.

Одной из основных задач теории контактного взаимодействия двухвалковых модулей является аналитическое описание формы кривых контакта валков.

Аналитическое описание формы кривых контакта валков в случае, когда валки имеют эластичные покрытия, представляет собой достаточно сложную задачу. Точная форма кривых контакта в этом случае пока не выяснена. Поэтому задачи контактного взаимодействия, например, анализ напряженного состояния в двухвалковом модуле, решается на основе предварительного выбора формулы кривой контакта валков. Обычно применяют дугу окружности, эллипса и параболу, которые описываются формулой  $r = \frac{a}{1 + e \cos \theta}$  [1], или простые механические модели, определяемые уравнениями  $r=R$  и  $r = \frac{R \cos \phi}{\cos \theta}$  [2].

Рассматриваем асимметричный двухвалковый модуль, в котором валки расположены относительно вертикали наклоном справа, имеют неравные диаметры и эластичные покрытия из материалов с различными жесткостями, слой материала имеет равномерную толщину и подан наклоном вниз относительно линии центров (рис. 1 – схема взаимодействия в двухвалковом модуле).

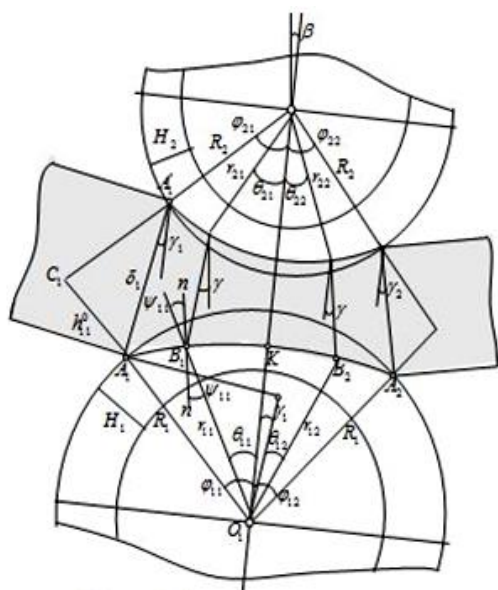


Рис. 1

Формы кривых контакта валков в первую очередь зависят от деформационных свойств обрабатываемого материала и покрытия валков, то есть от деформирования контактирующих тел двухвалковых модулей.

Накоплено большое количество экспериментальных данных о деформировании контактирующих тел двухвалковых модулей, таких как кожа, ткани, хлопок, бумага, резина, шерсть, техническое сукно и другие. Анализ этих данных показал, деформационные свойства таких материалов могут быть описаны либо эмпирической зависимостью "напряжения – относительная деформация", либо реологической моделью, учитывающей упругость по Гуку, вязкость по Ньютону и пластичность по Сен-Венану.

Данная работа посвящена аналитическому описанию формы кривых контакта валков в случае, когда деформирования контактирующих тел заданы эмпирическими зависимостями "напряжения – относительная деформация".

Для описания деформирования контактирующих тел в двухвалковых модулях используют различные эмпирические формулы. Среди этих формул, ввиду своей простоты и достаточно хорошего соответствия опытным данным, наиболее используемой является степенной закон связи напряжений и деформаций  $\sigma = A\varepsilon^n$ , где  $A, n$  – коэффициенты деформирования и упрочнения. Изменения коэффициента упрочнения  $n$  от единицы до бесконечности соответствуют широкому диапазону моделей материалов от линейно упругого до жестко-идеально-пластического [3].

Рассмотрим взаимодействия слоя материала с нижним валком. Кривая контакта нижнего ( $i=1$ ) валка (кривая  $A_1A_2$ ) состоит из участков сжатия ( $j=1$ )  $A_1K$  и восстановления ( $j=2$ )  $KA_2$ , где  $K$  – точка кривого контакта нижнего валка, лежащая на линии центров (прямой, соединяющей центров валков) (рис. 1). Точка  $B_1$  участка  $A_1K$  определяется полярными координатами  $r_{11}$  и  $\theta_{11}$ , а точка  $B_2$  участка  $KA_2$  –  $r_{12}$  и  $\theta_{12}$ .

Согласно рис. 1:

$$-\phi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \quad 0 \leq \theta_{12} \leq \phi_{12}. \quad (1)$$

В процессе взаимодействия с валками изменения угла наклона слоя материала относительно линии центров выражаются зависимостями [4]:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\gamma_1 \theta_{11}}{\phi_{11}}, \quad -\phi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \\ \gamma &= \frac{\gamma_2 \theta_{12}}{\phi_{12}}, \quad 0 \leq \theta_{12} \leq \phi_{12}. \end{aligned} \quad (2)$$

Пусть деформационные свойства покрытия нижнего валка и слоя материала при сжатии заданы формулами

$$\sigma_{11} = A_{11} \varepsilon_{11}^{n_{11}}, \quad \sigma_{11}^* = B_1 \varepsilon_{11}^{*m_1}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{11}, \varepsilon_{11}, A_{11}, n_{11}, \sigma_{11}^*, \varepsilon_{11}^*, B_1, m_1$  – напряжения, деформация, коэффициенты деформирования и упрочнения покрытия нижнего валка и слоя материала при сжатии.

В точках кривой контакта нижнего валка деформация контактирующих тел будет происходить по нормали n-n. Поэтому в каждой точке участка  $A_1K$  выполняется условие  $\frac{\sigma_{11}}{\cos \psi} = \frac{\sigma_{11}^*}{\cos \psi}$ , где  $\psi$  – угол между радиусом  $r_{11}$  и линией n-n. Отсюда имеем  $\sigma_{11} = \sigma_{11}^*$ .

Тогда из равенств (3) получаем:

$$A_{11} \varepsilon_{11}^{n_{11}} = B_1 \varepsilon_{11}^{*m_1}. \quad (4)$$

Контактное взаимодействие в двухвалковых модулях с валками, имеющими эластичные покрытия, можно рассматривать по аналогии с качением эластичного колеса по деформируемому грунту [2]. В теории качения колеса аналитическое описание формы линии контакта эластичного колеса с деформируемым грунтом связывают с соотношением скоростей деформирования контактирующих тел [5], [6].

Исходя из вышесказанного, считаем:

$$\frac{d\varepsilon_{11}}{dt} = \lambda_{11} \frac{d\varepsilon_{11}^*}{dt}. \quad (5)$$

Продифференцировав обе части равенства (4), находим:

$$n_{11} A_{11} \varepsilon_{11}^{n_{11}-1} \frac{d\varepsilon_{11}}{dt} = m_1 B_1 \varepsilon_{11}^{*m_1-1} \frac{d\varepsilon_{11}^*}{dt}.$$

Отсюда с учетом равенств (4) и (5) имеем:

$$\frac{\varepsilon_{11}}{\varepsilon_{11}^*} = \frac{n_{11}}{m_1} \lambda_{11}. \quad (6)$$

Согласно рис. 1 относительные деформации контактирующих тел имеют вид:

$$\varepsilon_{11} = \frac{R_1 - r_{11}}{H_1}, \quad \varepsilon_{11}^* = \frac{r_{11} - R_1 \frac{\cos(\phi_{11} - \gamma)}{\cos(\theta_{11} + \gamma)}}{h_{11}^0}, \quad (7)$$

где  $H_1$  – толщина эластичного покрытия нижнего валка;

$$h_{11}^0 = \delta_1 \frac{\sin(\phi_{21} - \gamma_1)}{\sin(\phi_{11} + \phi_{21})}. \quad (8)$$

Из равенства (6) с учетом выражения (7) находим:

$$R_1 - r_{11} = k_{11} \lambda_{11} \left( r_{11} - R_1 \frac{\cos(\phi_{11} - \gamma)}{\cos(\theta_{11} + \gamma)} \right), \quad (9)$$

где  $k_{11} = \frac{n_{11} H_1 \sin(\phi_{11} + \phi_{21})}{m_1 \delta_1 \sin(\phi_{21} - \gamma_1)}$ ;  $\lambda_{11}$  – соотношение скоростей относительных деформаций эластичного покрытия нижнего валка и слоя материала при сжатии.

Решив равенства (9) относительно  $r_{11}$ , найдем уравнение кривой контакта участка  $A_1K$  и с учетом выражения (2) получим:



$$r_{11} = \frac{R_1}{1+k_{11}\lambda_{11}} \left( 1 + k_{11}\lambda_{11} \frac{\cos(\phi_{11} - \gamma)}{\cos(\theta_{11} + \gamma)} \right), \quad \gamma = \frac{\gamma_1\theta_{11}}{\phi_{11}}, \quad -\phi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0. \quad (10)$$

Аналогично формуле (10) находим уравнение кривой контакта участка КА<sub>2</sub>:

$$r_{12} = \frac{R_1}{1+k_{12}\lambda_{12}} \left( 1 + k_{12}\lambda_{12} \frac{\cos(\phi_{12} + \gamma)}{\cos(\theta_{12} + \gamma)} \right), \quad \gamma = \frac{\gamma_2\theta_{12}}{\phi_{12}}, \quad 0 \leq \theta_{12} \leq \phi_{12}, \quad (11)$$

где  $k_{12} = \frac{n_{12}H_1 \sin(\phi_{12} + \phi_{22})}{m_2\delta_2 \sin(\phi_{22} - \gamma_2)}$ ;  $\lambda_{12}$  – соотношение скоростей относительных деформаций

эластичного покрытия нижнего валка и слоя материала при восстановлении.

Обобщая уравнения (10) и (11), найдем уравнения кривой контакта нижнего валка:

$$\begin{cases} r_{11} = \frac{R_1}{1+k_{11}\lambda_{11}} \left( 1 + k_{11}\lambda_{11} \frac{\cos(\phi_{11} - \gamma)}{\cos(\theta_{11} + \gamma)} \right), \quad \gamma = \frac{\gamma_1\theta_{11}}{\phi_{11}}, \quad -\phi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \\ r_{12} = \frac{R_1}{1+k_{12}\lambda_{12}} \left( 1 + k_{12}\lambda_{12} \frac{\cos(\phi_{12} + \gamma)}{\cos(\theta_{12} + \gamma)} \right), \quad \gamma = \frac{\gamma_2\theta_{12}}{\phi_{12}}, \quad 0 \leq \theta_{12} \leq \phi_{12}. \end{cases} \quad (12)$$

По аналогии определения уравнения кривой контакта нижнего валка, опреде-

ляем уравнения кривой контакта верхнего валка:

$$\begin{cases} r_{21} = \frac{R_2}{1+k_{21}\lambda_{21}} \left( 1 + k_{21}\lambda_{21} \frac{\cos(\phi_{21} + \gamma)}{\cos(\theta_{21} - \gamma)} \right), \quad \gamma = \frac{\gamma_1\theta_{21}}{\phi_{21}}, \quad -\phi_{21} \leq \theta_{21} \leq 0, \\ r_{22} = \frac{R_2}{1+k_{22}\lambda_{22}} \left( 1 + k_{22}\lambda_{22} \frac{\cos(\phi_{22} - \gamma)}{\cos(\theta_{22} - \gamma)} \right), \quad \gamma = \frac{\gamma_2\theta_{22}}{\phi_{22}}, \quad 0 \leq \theta_{22} \leq \phi_{22}, \end{cases} \quad (13)$$

где  $k_{21} = \frac{n_{21}H_2 \sin(\phi_{11} + \phi_{21})}{m_1\delta_1 \sin(\phi_{11} + \gamma_1)}$ ;

$k_{22} = \frac{n_{22}H_2 \sin(\phi_{12} + \phi_{22})}{m_2\delta_2 \sin(\phi_{12} + \gamma_2)}$ ;

$\lambda_{21}$ ,  $\lambda_{22}$  – соотношение скоростей относительных деформаций эластичного покрытия верхнего валка и слоя материала при сжатии и восстановлении соответственно.

Для любого времени  $t$  в зоне сжатия нижнего валка имеют место соотношения:

$$\Delta r_{11} + \Delta h_{11} = \Delta \ell_{11}, \quad (14)$$

$$\varepsilon_{11} = \frac{\Delta r_{11}}{H_1}, \quad \varepsilon_{11}^* = \frac{\Delta h_{11}}{h_{11}^0}, \quad \frac{d\varepsilon_{11}}{dt} = \frac{1}{H_1} \frac{dr_{11}}{dt},$$

$$\frac{d\varepsilon_{11}^*}{dt} = \frac{i}{h_{11}^0} \frac{dh_{11}}{dt}. \quad (15)$$

Подставляем выражения относительных деформаций из зависимостей (15) в равенства (4) и преобразуем ее:

$$\begin{aligned} A_{11} \left( \frac{\Delta r_{11}}{H_1} \right)^{n_{11}} &= B_1 \left( \frac{\Delta h_{11}}{h_{11}^0} \right)^{m_1}, \quad A_{11} \left( 1 - \frac{H_1 - \Delta r_{11}}{H_1} \right)^{n_{11}} = B_1 \left( 1 - \frac{h_{11}^0 - \Delta h_{11}}{h_{11}^0} \right)^{m_1}, \\ A_{11} \left( 1 - n_{11} \frac{H_1 - \Delta r_{11}}{H_1} \right) &= B_1 \left( 1 - m_1 \frac{h_{11}^0 - \Delta h_{11}}{h_{11}^0} \right), \\ A_{11} ((1 - n_{11})H_1 + n_{11}\Delta r_{11})h_{11}^0 &= B_1 ((1 - m_1)h_{11}^0 + m_1\Delta h_{11})H_1. \end{aligned} \quad (16)$$



Заметим, что

$$\lambda_{11} = \frac{\frac{d\varepsilon_{11}}{dt}}{\frac{d\varepsilon_{11}^*}{dt}} = \frac{\frac{dr_{11}}{H_1}}{\frac{dh_{11}}{h_{11}^0}} \approx \frac{h_{11}^0 \Delta r_{11}}{H_1 \Delta h_{11}}.$$

Учитывая это, из равенства (14) имеем:

$$\Delta r_{11} = \frac{H_1 \lambda_{11}}{h_{11}^0 + H_1 \lambda_{11}} \Delta \ell_{11}, \quad \Delta h_{11} = \frac{h_{11}^0}{h_{11}^0 + H_1 \lambda_{11}} \Delta \ell_{11}.$$

Подставим эти выражения  $\Delta r_{11}$  и  $\Delta h_{11}$  в равенства (16) и после преобразования ее находим:

$$(\Delta \ell_{11})_{\text{cp}} = \frac{1}{\phi_{11} - \phi_{11}} \int_{\phi_{11}}^0 R_1 \left( 1 - \frac{\cos(\phi_{11} + \gamma_1)}{\cos(\theta_{11} + \gamma)} \right) d\theta_{11},$$

или после интегрирования

$$(\Delta \ell_{11})_{\text{cp}} = R_1 \left( 1 - \frac{\cos(\phi_{11} + \gamma_1)}{2(\phi_{11} + \gamma_1)} \ln \left| \frac{1 + \sin(\phi_{11} + \gamma_1)}{1 - \sin(\phi_{11} + \gamma_1)} \right| \right). \quad (19)$$

Таким образом, соотношение скоростей деформации покрытия нижнего вала и

слоя материала в зоне сжатия определяется по формуле:

$$\lambda_{11} = \frac{B_1 m_1 (\Delta \ell_{11})_{\text{cp}} - (A_{11}(1 - n_{11}) - B_1(1 - m_1)) h_{11}^0}{A_{11} n_{11} (\Delta \ell_{11})_{\text{cp}} + (A_{11}(1 - n_{11}) - B_1(1 - m_1)) H_1}, \quad (20)$$

где  $h_{11}^0 = \delta_1 \frac{\sin(\phi_{21} - \gamma_1)}{\sin(\phi_{11} + \phi_{21})}$ ;

$$(\Delta \ell_{11})_{\text{cp}} = R_1 \left( 1 - \frac{\cos(\phi_{11} + \gamma_1)}{2(\phi_{11} + \gamma_1)} \ln \left| \frac{1 + \sin(\phi_{11} + \gamma_1)}{1 - \sin(\phi_{11} + \gamma_1)} \right| \right).$$

Остальные соотношения скоростей деформации в двухвалковом модуле определяем аналогично.

Они имеют вид:

$$\lambda_{12} = \frac{B_2 m_2 (\Delta \ell_{12})_{\text{cp}} - (A_{12}(1 - n_{12}) - B_2(1 - m_2)) h_{12}^0}{A_{12} n_{12} (\Delta \ell_{12})_{\text{cp}} + (A_{12}(1 - n_{12}) - B_2(1 - m_2)) H_1}, \quad (21)$$

где  $h_{12}^0 = \delta_2 \frac{\sin(\phi_{22} - \gamma_2)}{\sin(\phi_{12} + \phi_{22})}$ ;  $(\Delta \ell_{12})_{\text{cp}} = R_1 \left( 1 - \frac{\cos(\phi_{12} + \gamma_2)}{2(\phi_{12} + \gamma_2)} \ln \left| \frac{1 + \sin(\phi_{12} + \gamma_2)}{1 - \sin(\phi_{12} + \gamma_2)} \right| \right)$ ;

$$\lambda_{21} = \frac{B_1 m_1 (\Delta \ell_{21})_{\text{cp}} - (A_{21}(1 - n_{21}) - B_1(1 - m_1)) h_{21}^0}{A_{21} n_{21} (\Delta \ell_{21})_{\text{cp}} + (A_{21}(1 - n_{21}) - B_1(1 - m_1)) H_2}, \quad (22)$$

$$\lambda_{11} = \frac{B_1 m_1 \Delta \ell_{11} - (A_{11}(1 - n_{11}) - B_1(1 - m_1)) h_{11}^0}{A_{11} n_{11} \Delta \ell_{11} + (A_{11}(1 - n_{11}) - B_1(1 - m_1)) H_1}. \quad (17)$$

Из равенства (14) с учетом выражений (7) и (15) находим:

$$\Delta \ell_{11} = R_1 \left( 1 - \frac{\cos(\phi_{11} - \gamma)}{\cos(\theta_{11} + \gamma)} \right). \quad (18)$$

Расчеты  $\lambda_{11}$  по формуле (17) можно упростить выражением  $\Delta \ell_{11}$ , определяемой выражением (18), заменой средним значением.

Среднее значения  $(\Delta \ell_{11})_{\text{cp}}$  определим в соответствии с теоремой о среднем интегрального исчисления, заменяя при этом выражение  $\cos(\phi_{11} - \gamma)$  с выражением  $\cos(\phi_{11} + \gamma_1)$ :

$$\text{где } h_{21}^0 = \delta_1 \frac{\sin(\phi_{11} + \gamma_1)}{\sin(\phi_{11} + \phi_{21})}; (\Delta \ell_{21})_{\text{cp}} = R_2 \left( 1 - \frac{\cos(\phi_{21} - \gamma_1)}{2(\phi_{21} - \gamma_1)} \ln \left| \frac{1 + \sin(\phi_{21} - \gamma_1)}{1 - \sin(\phi_{21} - \gamma_1)} \right| \right);$$

$$\lambda_{22} = \frac{B_2 m_2 (\Delta \ell_{22})_{\text{cp}} - (A_{22}(1 - n_{22}) - B_2(1 - m_2)) h_{22}^0}{A_{22} n_{22} (\Delta \ell_{22})_{\text{cp}} + (A_{22}(1 - n_{22}) - B_2(1 - m_2)) H_2}, \quad (23)$$

$$\text{где } h_{22}^0 = \delta_2 \frac{\sin(\phi_{12} + \gamma_2)}{\sin(\phi_{12} + \phi_{22})};$$

$$(\Delta \ell_{22})_{\text{cp}} = R_2 \left( 1 - \frac{\cos(\phi_{22} - \gamma_2)}{2(\phi_{22} - \gamma_2)} \ln \left| \frac{1 + \sin(\phi_{22} - \gamma_2)}{1 - \sin(\phi_{22} - \gamma_2)} \right| \right).$$

Таким образом, получены выражения (20)...(23), определяющие соотношение скоростей деформации в двухвалковых модулях.

Системы уравнений (12) и (13) описывают кривые контакта валков двухвалкового модуля, представленного на рис. 1. Они являются математическими моделями этих кривых в случае, когда деформационные свойства контактирующих тел описаны эмпирическими степенными зависимостями.

## ВЫВОДЫ

1. Получены формулы, описывающие форму кривых контакта валков в асимметричном двухвалковом модуле, в котором валки расположены относительно вертикали наклоном справа, имеют неравные диаметры и эластичные покрытия из материалов с различными жесткостями, слой материала имеет равномерную толщину, подан наклоном вниз относительно линии центров.

2. Проанализированы все частные случаи обобщенного двухвалкового модуля и соответствующие частные виды полученных формул. Выявлено, что полученные формулы являются общими в том смысле, они описывают все частные случаи взаимодействия обрабатываемого материала с парами валков в двухвалковых модулях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Г.К. и др. Связь напряженного состояния на поверхности контакта с силами, действу-

ющими в валковых механизмах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987, №3, С.104...105.

2. Кузнецов Г.К. Исследование и методика проектирования валковых отжимных устройств текстильных машин: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома, 1970.

3. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / Пер. с англ. – М.: Мир, 1989.

4. Хуррамов Ш.Р. и др. К решению некоторых контактных задач двухвалковых модулей. // Вестник Тамбовского ГТУ. – 2019. Том 25, №3. С. 486...499.

5. Водяник И. И. Воздействие ходовых систем на почву. – М.: Агропромиздат, 1990.

6. Хайлис Г. А. Определение глубины колеи и силы сопротивления перекачиванию по почве свободного пневматического колеса. // Достижения науки и техники АПК. – 2006, №4. С. 10...14.

## REFERENCES

1. Kuznetsov G.K. i dr. Svyaz' napryazhennogo sostoyaniya na poverkhnosti kontakta s silami, deystvuyushchimi v valkovykh mekhanizmakh // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1987, №3, S.104...105.

2. Kuznetsov G.K. Issledovanie i metodika proektirovaniya valkovykh otzhimnykh ustroystv tekstil'nykh mashin: Dis. ... dokt. tekhn. nauk. – Kostroma, 1970.

3. Dzhonson K. Mekhanika kontaktnogo vzaimodeystviya / Per. s angl. – M.: Mir, 1989.

4. Khurramov Sh.R. i dr. K resheniyu nekotorykh kontaktnykh zadach dvukhvalkovykh moduley. // Vestnik Tambovskogo GTU. – 2019. Tom 25, №3. S.486...499.

5. Vodyanik I. I. Vozdeystvie khodovykh sistem na pochvu. – M.: Agropromizdat, 1990.

6. Khaylis G. A. Opredelenie glubiny kolei i sily soprotivleniya perekatyvaniyu po pochve svobodnogo pnevmaticheskogo kolesa. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2006, №4. S. 10...14.

Рекомендована семинаром лаборатории "Теория механизмов и машин" ИМСС им. М.Т. Уразбаева АН Республики Узбекистан. Поступила 16.06.21.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЗАХВАТА В АСИММЕТРИЧНОМ ДВУХВАЛКОВОМ МОДУЛЕ

### THEORETICAL ANALYSIS OF THE CONDITIONS OF CAPTURE IN AN ASYMMETRIC TWO-ROLL MODULE

Ш.Р. ХУРРАМОВ, Ф.С. ХАЛТУРАЕВ, Ф.З. КУРБАНОВА

SH.R. KHURRAMOV, F.S. KHALTURAEV, F.Z. KURBANOVA

(Ташкентский архитектурно-строительный институт, Республика Узбекистан,  
Институт механики и сейсмостойкости сооружений  
им.М.Т.Уразбаева АН Республики Узбекистан)

(Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Republic of Uzbekistan,  
Institute of Mechanics and Seismic Resistance of Structures  
named after M.T. Urazbaev of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan)

E-mail: shavkat-xurramov59@mail.ru

*В статье приведены результаты анализа условий захвата в асимметричном двухвалковом модуле. Выявлено, что сумма углов контакта в двухвалковом модуле не зависит от наклона подачи слоя материала к линии центров и наклона валков относительно вертикали.*

*The article presents the results of the analysis of the gripping condition in an asymmetric two-roll module. It was found that the sum of the contact angles in the two-roll module does not depend on the inclination of the material layer feeding to the center line and the inclination of the rolls relative to the vertical.*

**Ключевые слова:** двухвалковый модуль, условия захвата, углы контакта, угла захвата.

**Keywords:** two-roll module, capture conditions, contact angles, capture angles.

Технологические процессы в двухвалковом модуле осуществляются в результате контактного взаимодействия валков с обрабатываемым материалом. Задачи контактного взаимодействия двухвалкового модуля зависят главным образом от величины углов контакта, так как они определяют граничные условия этих задач. Углы контакта находят на основе анализа условий захвата в двухвалковом модуле.

Двухвалковые модули относятся к основным рабочим органам валковой машины или выполняют вспомогательные функции. В связи с этим многие из них являются асимметричными. При этом достаточно часто одновременно реализуется не-

сколько видов несимметричности, например, два вида геометрической несимметричности – разные диаметры и наклон слоя материала относительно линии центров (прямой, соединяющий центры валков).

В настоящее время известно достаточно много работ [1], [2], посвященных теоретическому анализу условий захвата в симметричном двухвалковом модуле. Имеются работы [3], [4], в которых исследуется один или несколько видов несимметричности в двухвалковом модуле. Однако в настоящее время комплексное исследование, одновременно учитывающее все возможные виды несимметричности при анализе условий захвата в двухвалковом модуле, отсутствует.

В целях дальнейшего развития теоретических представлений, анализируем условия захвата в асимметричном двухвалковом модуле, в котором реализуются одновременно геометрические (разные диаметры, наклон валков относительно вертикали, наклон слоя материала относительно линии центров), кинематические (один валок приводной, а второй свободный) и трибологические (разные коэффициенты трения) несимметричности.

Объектом анализа служит обобщенный двухвалковый модуль [5], в котором валки

$$R_1(1 - \cos \alpha_1) + R_2(1 - \cos \alpha_2) + \delta_1(1 - \cos \gamma) + h - \delta = 0, \quad (1)$$

$$R_2 \sin \alpha_2 = R_1 \sin \alpha_1 - \delta \sin \gamma, \quad (2)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  – угол контакта нижнего и верхнего валка соответственно;  $R_1, R_2$  – радиус

расположены относительно вертикали наклоном справа под углом  $\beta$ , имеют неравные диаметры и коэффициенты трения по слою материала. Нижний валок приводной, а верхний – свободный. Слой материала имеет равномерную толщину  $\delta$  и подан наклоном вниз относительно линии центров под углом  $\gamma$  (рис. 1).

В сечении  $A_1A_2$  (в момент касания слоя материала с валками) имеют место равенства:

нижнего и верхнего валка соответственно;  $h$  – расстояние между валками.

В результате преобразований получим:

$$2R_1 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} + R_2 \sin^2 \frac{\alpha_2}{2} + \delta \sin^2 \frac{\gamma}{2} + h - \delta = 0, \quad (3)$$

$$R_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} \cos \frac{\alpha_2}{2} = R_1 \sin \frac{\alpha_1}{2} \cos \frac{\alpha_1}{2} - \delta \sin \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\gamma}{2}. \quad (4)$$

Приняв  $\sin \frac{\alpha_1}{2} \approx \frac{\alpha_1}{2}$ ,  $\cos \frac{\alpha_1}{2} \approx 1$ ,  $\sin \frac{\alpha_2}{2} \approx \frac{\alpha_2}{2}$ ,  $\cos \frac{\alpha_2}{2} \approx 1$ ,  $\sin \frac{\gamma}{2} \approx \frac{\gamma}{2}$ ,  $\cos \frac{\gamma}{2} \approx 1$  (при этом погрешность вычислений не превышает 1,0...1,5%), представим равенства (3) и (4) в упрощенном виде:

$$R_1 \alpha_1^2 + R_2 \alpha_2^2 + \delta \gamma^2 + 2(h - \delta) = 0, \quad (5)$$

$$R_2 \alpha_2 = R_1 \alpha_1 - \delta \gamma. \quad (6)$$

Решая совместно равенства (5) и (6), находим:

$$\alpha_1 = \frac{\delta \gamma}{R_1 + R_2} + \sqrt{\frac{2R_2(\delta - h)}{R_1(R_1 + R_2)} - \frac{R_2 \delta (\delta + R_1 + R_2) \gamma^2}{R_1(R_1 + R_2)^2}}. \quad (7)$$

Расчеты по формуле (7) свидетельствуют о том, что величина второго члена под радикалом мала по сравнению с первым членом. На этом основании вторым членом можно пренебречь (при этом погрешность вычислений не превышает 1,2...3,6%), придав формуле для определения угла  $\alpha_1$  более простой вид:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{2R_2(\delta - h)}{R_1(R_1 + R_2)}} + \frac{\delta \gamma}{R_1 + R_2}. \quad (8)$$

С учетом выражения (8) из равенства (6) находим формулу для определения угла  $\alpha_2$ :

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{2R_1(\delta - h)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{\delta \gamma}{R_1 + R_2}. \quad (9)$$

Сложив выражения (8) и (9), после преобразований находим сумму углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ :

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta - h)}{R_1 R_2}}. \quad (10)$$

Анализ результатов расчета по формулам (8)...(10) показал, что:

- с возрастанием  $R_2$  и  $\gamma$  угол  $\alpha_1$  увеличивается, а угол  $\alpha_2$  уменьшается;

- с увеличением  $R_1$  угол  $\alpha_1$  уменьшается, а угол  $\alpha_2$  увеличивается;

- закономерности изменения  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  от параметров  $\delta$  и  $h$  одинаковые;

- сумма углов контакта не зависит от параметров  $\beta$  и  $\gamma$ .

Оцениваем углы контакта с учетом сил, действующих на слой материала в сечении  $A_1A_2$ .

В точках  $A_1$  и  $A_2$  со стороны валков на слой материала действуют силы нормального давления  $N_1$ ,  $N_2$  и силы трения  $T_1$ ,  $T_2$ . Возможность захвата зависит от соотношения стягивающих и отталкивающих сил. Для осуществления захвата необходимо, чтобы составляющие сил трения  $T_{1x}$  и  $T_{2x}$  были больше составляющих сил нормальных давлений  $N_{1x}$  и  $N_{2x}$  или, в крайнем случае, равны им [1].

Математически это условие формулируется следующим образом:

$$N_{1x} + N_{2x} + T_{2x} \leq T_{1x}. \quad (11)$$

В дополнение к условию захвата составим уравнение равновесия сил по оси  $Oy$ :

$$N_{1y} - N_{2y} + T_{1y} + T_{2y} = 0. \quad (12)$$

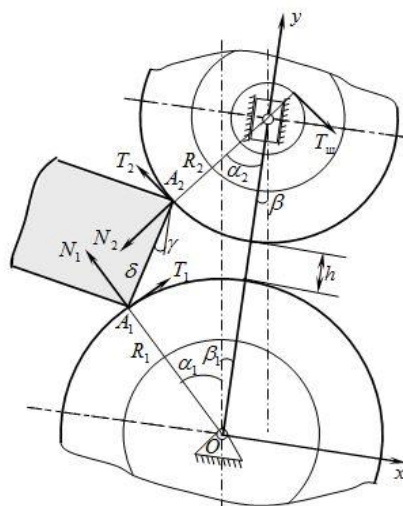


Рис. 1

Из схемы сил на рис. 1 (схема сил при захвате в двухвалковом модуле) находим:

$$\begin{aligned} N_{1x} &= N_1 \sin \alpha_1, \quad T_{1x} = T_1 \cos \alpha_1, \quad N_{1y} = N_1 \cos \alpha_1, \quad T_{1y} = T_1 \sin \alpha_1, \\ N_{2x} &= N_2 \sin \alpha_2, \quad T_{2x} = T_2 \cos \alpha_2, \quad N_{2y} = N_2 \cos \alpha_2, \quad T_{2y} = T_2 \sin \alpha_2. \end{aligned} \quad (13)$$

С учетом этих выражений неравенства (11) и равенства (12) перепишем в виде:

$$N_2 \sin \alpha_2 + T_2 \cos \alpha_2 \leq T_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1, \quad (14)$$

$$N_1 \cos \alpha_1 + T_1 \sin \alpha_1 = N_2 \cos \alpha_2 - T_2 \cos \alpha_2. \quad (15)$$

Для определения силы трения приводного нижнего валка используем закон трения Амонтона-Кулона  $T_1 = f_1 N_1$ , а для силы трения свободного верхнего валка выражение  $T_2 = f_2 N_2$  [1], где  $f_1$  – коэффициент трения приводного нижнего валка по слою материала;  $f_2 = f_{ш} \frac{r_{ш}}{R_2}$  – коэффициент трения

свободного верхнего валка по слою материала;  $r_{ш}$  – радиус шейки;  $T_{ш}$  – равнодействующая сил трения в шейках;  $f_{ш}$  – коэффициент трения в шейках.

Подставим значения  $T_1$  и  $T_2$  в неравенство (14) и равенство (15):

$$N_2 (\sin \alpha_2 + f_2 \cos \alpha_2) \leq N_1 (f_1 \cos \alpha_1 - \sin \alpha_1), \quad (16)$$

$$N_1 (\cos \alpha_1 + f_1 \sin \alpha_1) = N_2 (\cos \alpha_2 - f_2 \cos \alpha_2). \quad (17)$$

Из равенства (17) определим  $N_2$  и подставим ее в условие (16). После сокращений и преобразований находим  $\operatorname{tg}(\alpha_1 + \alpha_2) \leq \frac{f_1 - f_2}{1 + f_1 f_2}$ . Учтем, что  $\frac{f_1 - f_2}{1 + f_1 f_2} = \frac{\operatorname{tg}v_1 - \operatorname{tg}v_2}{1 + \operatorname{tg}v_1 \operatorname{tg}v_2}$ , где  $v_1$  – угол трения приводного нижнего валка;  $v_2$  – угол трения свободного верхнего валка.

Следовательно, условие захвата в рассматриваемом двухвалковом модуле можно представить в виде

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq v_1 - v_2,$$

или

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq v_1 - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}. \quad (18)$$

С учетом выражения (10) из неравенства (18) имеем:

$$\sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta - h)}{R_1 R_2}} \leq v_1 - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}. \quad (19)$$

Как видно, условия захвата в рассматриваемом двухвалковом модуле определяются радиусами валков, расстоянием между валками и коэффициентами трения валков по слою материала. Они не зависят от наклона подачи слоя материала к линии центров и от наклона валков относительно вертикали.

С учетом неравенства (19) из зависимостей (8) и (9) находим:

$$\alpha_1 \leq \frac{1}{R_1 + R_2} \left( R_2 \left( v_1 - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right) + \delta\gamma \right), \quad (20)$$

$$\alpha_2 \leq \frac{1}{R_1 + R_2} \left( R_1 \left( v_1 - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right) - \delta\gamma \right). \quad (21)$$

Таким образом, получены условия для оценки углов контакта рассматриваемого двухвалкового модуля.

Из этих условий следует, что углы контакта  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  можно определить следующими выражениями:

$$\alpha_1 = \frac{1}{R_1 + R_2} \left( R_2 \left( v_1 - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right) + \delta\gamma \right), \quad (22)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{R_1 + R_2} \left( R_1 \left( v_1 - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right) - \delta\gamma \right). \quad (23)$$

В большинстве случаев в двухвалковых модулях валки устанавливаются в подшипниках качения, где величина трения невелика. Вследствие этого силой трения  $T_2$  можно пренебречь по сравнению с другими силами, действующими на валок [3].

Тогда условие захвата (18) принимает вид:

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq v_1. \quad (24)$$

Когда коэффициент трения в шейках свободного валка равен нулю, чтобы выполнялось вращение свободного валка слоем материала, линия, являющаяся продолжением переднего конца слоя материала, должна пройти через ось вращения свободного валка. Для осуществления захвата при таком расположении слоя и отсутствии трения в шейках не требуется никаких дополнительных внешних заталкивающих сил [6].

Пусть линия, являющаяся продолжением переднего конца слоя материала, пройдет через ось вращения свободного валка. При этом угол наклона слоя материала относительно линии центров равняется критической  $\gamma_{\text{кр}}$ . Тогда имеем  $\gamma_{\text{кр}} = \alpha_2$ .

С учетом условий  $\gamma_{\text{кр}} = \alpha_2$  из неравенств (21) находим критический угол контакта:

$$\gamma_{\text{кр}} = \frac{R_1}{\delta + R_1 + R_2} v_1. \quad (25)$$

Из выражения (25) следует, что критический угол контакта увеличивается линейно с увеличением угла трения нижнего приводного валка.

При наличии трения в шейках свободного валка или при произвольном наклоне слоя материала относительно линии центров условия вращения слоем свободного

верхнего валка не будет выполняться, и поэтому для осуществления захвата обязательно требуется внешняя заталкивающая сила.

## ВЫВОДЫ

1. Получены условия для оценки углов контакта для асимметричного двухвалкового модуля, в котором реализуются одновременно геометрические, кинематические и трибологические несимметричности.

2. Выявлено, что условия захвата в двухвалковом модуле определяются радиусами валков, расстоянием между валками и коэффициентами трения валков по слою материала. Они не зависят от наклона подачи слоя материала к линии центров и от наклона валков относительно вертикали.

2. Результаты расчетов полученных зависимостей показали, что

- с возрастанием радиуса верхнего валка и угла наклона слоя материала относительно линии центров угол контакта нижнего валка увеличивается, а угол контакта верхнего валка уменьшается;

- с увеличением радиуса нижнего валка угол контакта нижнего валка уменьшается, а угол контакта верхнего валка увеличивается;

- сумма углов контакта не зависит от наклона подачи слоя материала к линии центров и от наклона верхнего валка относительно вертикали.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грудев А.П. Захватывающая способность прокатных валков. – М.: Metallurgiya, 1998.

2. Кузнецов Г.К. Теоретический анализ условий втягивания парой валков с эластичными покрытиями. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1966, №1. С.144...146.

3. Кузнецов Г.К. Об условиях захвата слоя при свободном верхнем валке отжимной пары // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1964, №2. С. 40...43.

4. Хуррамов Ш.Р. Анализ условий втягивания материала парой валков // Науч. техн. журнал Ферганского ПИ. – 2003, №2. С. 45...48.

5. Хуррамов Ш.Р., Абдукаримов А. Обобщенная модель двухвалковых модулей // Известия Киргизской ГТУ.– 2016, №1. С 109...112.

6. Неведов А.А., Калюжный И.Ф., Байдузж В.В. Особенности захвата и установившегося процесса при прокатке на станах с одним приводным валком. // Теория прокатки: Мат. Всесоюз. научн.-техн. конф.: Теоретические проблемы прокатного производства. – М.: Metallurgiya, 1975. С. 213...216.

## REFERENCES

1. Grudev A.P. Zakhvatyvayushchaya sposobnost' prokatnykh valkov. – M.: Metallurgiya, 1998.

2. Kuznetsov G.K. Teoreticheskiy analiz usloviy vtyagivaniya paroy valkov s elastichnymi pokrytiyami. // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1966, №1. S.144...146.

3. Kuznetsov G.K. Ob usloviyakh zakhvata sloya pri svobodnom verkhnem valke otzhimnoy pary // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1964, №2. S. 40...43.

4. Khurramov Sh.R. Analiz usloviy vtyagivaniya materiala paroy valkov // Nauch. tekhn. zhurnal Ferganskogo PI. – 2003, №2. S. 45...48.

5. Khurramov Sh.R., Abduraimov A. Obobshchennaya model' dvukhvalkovykh moduley // Izvestiya Kirgizskoy GTU.– 2016, №1. S 109...112.

6. Nefedov A.A., Kalyuzhnyy I.F., Bayduzh V.V. Osobennosti zakhvata i ustanovivshegosya protsessa pri prokatke na stanakh s odnim privodnym valkom. // Teoriya prokatki: Mat. Vsesoyuzn. nauchn.-tekhn. konf.: Teoreticheskie problemy prokatnogo proizvodstva. – M.: Metallurgiya, 1975. S. 213...216.

Рекомендована семинаром лаборатории "Теория механизмов и машин" ИМСС им. М.Т. Уразбаева АН Республики Узбекистан. Поступила 18.06.21.

УДК 004.932:677.022

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_164

## КАТЕГОРИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦВЕТОВЫХ КОНТРАСТОВ

### CATEGORIZATION OF IMAGES BASED ON COLOR CONTRASTS

Г.И. БОРЗУНОВ, А.В. ФИРСОВ, А.Н. НОВИКОВ, В.В. ИВАНОВ

G.I. BORZUNOV, A.V. FIRSOV, A.N. NOVIKOV, V.V. IVANOV

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

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

E-mail: borzunov\_g@mail.ru

*Рассмотрена возможность категоризации изображений на основе ранее предложенного метода индексации цветовых контрастов. Показано, что характеристический вектор может использоваться как мешок визуальных слов (глобальный дескриптор), а его координаты – в качестве отдельных визуальных слов (локальные дескрипторы). Приводятся требования к практической реализации категоризации изображений на основе данного метода.*

*The possibility of image categorization based on the previously proposed method of indexing color contrasts is considered. It is shown that the characteristic vector can be used as a bag of visual words (global descriptor), and its coordinates — as separate visual words (local descriptors). The requirements for the practical implementation of image categorization based on this method are given.*

**Ключевые слова:** цветовые контрасты, категоризация изображений, мешок визуальных слов.

**Keywords:** color contrasts, image categorization, bag of visual words.

Основой компьютерного зрения являются распознавание изображений и поиск на основе их содержания [1], [2]. В связи с экспоненциальным увеличением количества изображений, доступных пользователям в сети Интернет, возникла потребность повышения эффективности поиска изображений. Один из возможных подходов к решению этой задачи заключается в автоматическом аннотировании изображений на

основе анализа их содержания и применении методов текстового поиска [3]. Такой подход основывается на решении задачи категоризации изображений. Ниже задача категоризации рассматривается в контексте прикладного искусства или дизайна.

Известно, что общий колорит любого изображения (художественного произведения, орнаментальной композиции или компоненты дизайн-проекта) является



важнейшим средством выразительности, которое может оказывать большое и многообразное воздействие на человеческие чувства [4], [5]. Традиционными категориями анализа цветовой гаммы изображения являются следующие сочетания цветов [6]: родственные цвета, родственно-контрастные цвета, контрастные цвета. Пусть  $C_1 = \{c_1, c_2, c_3\}$  – множество указанных выше категорий. Кроме того, цвета каждой из указанных групп могут быть теплыми или холодными, то есть необходимо принять в рассмотрение еще одно множество категорий:  $C_2 = \{c_4, c_5\}$ . Таким образом, для решения простейшей задачи категоризации цветовой гаммы изображения требуется построить два отображения  $F_1: D \rightarrow C_1$ ,  $F_2: D \rightarrow C_2$ , где  $C_1 = \{\text{родственные цвета, родственно-контрастные цвета, контрастные цвета}\}$ ,  $C_2 = \{\text{цветовая гамма теплая, цветовая гамма холодная}\}$ . Эти отображения могут быть реализованы на основе ранее предложенного метода индексации цветовых контрастов [7], эффективность которого была показана на примере оценки цветовых контрастов узоров прялок [8]. В рамках этого метода индексирование цветных контрастов выполняется в результате четырех этапов. На первом этапе в результате квантования заданного изображения с помощью графического редактора [9] получается оптимальная восьмицветная палитра [10]. На втором этапе эта палитра преобразуется из цветовой модели RGB в цветовую модель HSV.

В результате выполнения третьего этапа из полученной палитры в модели HSV выделяется ее цветовая (тоновая) компонента  $H$  и определяется размещение ее

значений относительно секторов цветового круга. При этом используется стандартный 24-секторный цветовой круг [6]. Так, для изображения, которое приводится на рис. 1 (пример индексированного изображения), оптимальная восьмицветная палитра представлена на рис. 2 (оптимальная палитра, полученная для изображения рис. 1).



Рис. 1



Рис. 2

Значения тоновой компоненты этой оптимальной восьмицветной палитры в модели HSV отображаются в секторы цветового круга согласно табл. 1 (отображение в секторы цветового круга значений тоновой компоненты палитры, полученной для изображения, приведенного на рис. 1).

Таблица 1

Значения тоновой компоненты (H)	5,0	56,7	7,5	49,7	10,2	52,3	56,1	60,0
№ сектора цветового круга	6	1	6	2	6	2	1	1

Этап 4. На этом этапе осуществляется формирование характеристического вектора цветовых контрастов  $X$ . Для этого все размещенные в разных секторах цветового круга точки соединяются попарно отрезками прямых, образующими граф. Трехвершинные подграфы этого графа (треугольники) являются дескрипторами цве-

товых контрастов изображений. Такие триады играют важную роль при описании цветовых гармоний [4], [5]. На рис. 3 (размещение значений тоновой компоненты  $H$  относительно секторов цветового круга согласно табл. 1) приводится для примера только один такой треугольник, но если выполнить указанное выше построение

полностью, то всего будет построено 18 таких треугольников. Эти треугольники имеют 1 вершину в секторе 1 (основной цвет) и две оставшиеся вершины в одной и той же первой четверти цветового круга. В этом случае согласно правилам создания вектора выполняется присваивание:  $X[28]=18$ . Остальные координаты вектора сохраняют нулевые значения.

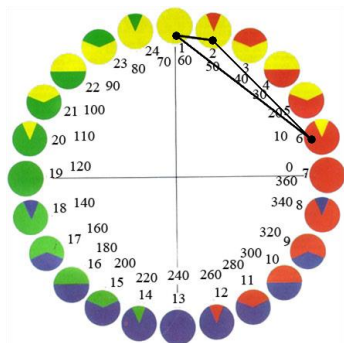


Рис. 3

В целом характеристический вектор  $X$  представляет собой мешок визуальных слов (Bag-of-Visual-Words), то есть является гло-

бальным дескриптором изображений [3]. Отдельные координаты вектора  $X$  образуют множество визуальных слов (Visual-Words). Эти визуальные слова определяют принадлежность изображения рассматриваемым категориям отображения, которая определяется назначением координат вектора  $X$ . Опуская некоторые детали, можно считать, что координаты характеристического вектора хранят следующую информацию [4], [5]: (0 – 3) – количество триад, представляющих собой сочетание трех основных цветов из четырех возможных вариантов; (4 – 27) – количество триад, каждая из которых содержит 2 основных цвета в любой комбинации секторов, а также 1 неосновной цвет в одной из четвертей круга; (28 – 67) – количество триад, которые содержат 1 основной цвет, и два неосновных цвета размещенных одним из способов по четвертям цветового круга; (68 – 81) – количество триад, которые состоят из неосновных цветов, размещенных одним из способов по четвертям цветового круга.

Таблица 2

Основной цвет в секторе 1, два неосновных цвета в одной и той же четверти цветового круга	Номер четверти, в которой размещены два неосновных цвета			
	1	2	3	4
Четверти цветового круга	1	2	3	4
Координата характеристического вектора $X$	28	29	30	31
Значение характеристики (число триад)	18	0	18	0
Категория цветовых сочетаний: контрастные, родственно-контрастные, родственные	родственные	контрастные	контрастные	родственные
Категория цветовой гаммы: теплая, холодная	теплая	теплая	холодная	холодная

Для изображения, представленного на рис. 1, в табл. 2 (фрагмент вектора  $X$ , полученного для изображения, приведенного на рис. 1, и категории, в которые отображаются его координаты) приводится полное описание фрагмента структуры вектора  $X$  и соответствующие категории, в которые отображаются его координаты. Табл. 2 демонстрирует использование характеристического вектора  $X$  в качестве мешка визуальных слов, определяющего отображения  $F_1: D \rightarrow C_1$ ,  $F_2: D \rightarrow C_2$ . Каждая координата этого вектора является визу-

альным словом. Так, для изображения, приведенного на рис. 1, координата 28 определяет две категории:  $F_1: 28 \rightarrow$  родственные цветовые сочетания;  $F_2: 28 \rightarrow$  теплая цветовая гамма.

Таким образом, рассмотренный пример категоризации изображения, представленного на рис. 1, показывает, что метод индексации цветовых контрастов [7], [8] может служить основой категоризации изображений в области изобразительного искусства: характеристический вектор может использоваться как мешок визуальных слов

(глобальный дескриптор), а его координаты – в качестве отдельных визуальных слов (локальные дескрипторы).

В заключение статьи следует отметить, что для практической реализации категоризации изображений на основе индексации цветовых контрастов изображений требуется учесть возможность наличия в характеристических векторах нескольких координат, отличных от нуля, то есть описания изображений несколькими визуальными словами. Учет указанной возможности потребует разработки алгоритма генерации новых категорий и оценки их веса с использованием специальной метрики, что составит содержание очередного этапа исследований в данной области. Далее может быть расширен перечень контрастов [4] и применен метод Bag-of-Visual-Words [3]. Реализация указанного метода в данной предметной области потребует его модификации при выполнении следующих этапов:

- выбор или формирование множества изображений;
- разработка (генерация) новых категорий;
- модификация характеристического вектора с учетом новых категорий;
- получение для каждого изображения набора локальных дескрипторов;
- кластеризация локальных дескрипторов и создание из центров кластеров словаря категорий;
- использование мешка визуальных слов словаря категорий для обучения классификатора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Simon J.D. Prince. Computer vision: models, learning and inference // Cambridge: University Press. – 2012.*
2. *Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В., Морзин А. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. – М.: Физматкнига, 2010.*
3. *Фаворская М.Н., Проскурин А.В. Категоризация сцен на основе расширенных цветовых дескрипторов // Труды СПИИРАН. – 2015. Вып. 3(40). С. 203...220.*
4. *Иттен Й. Искусство цвета / Пер. с нем. Л. Монахова. – М.: Д. Аронов, 2007.*
5. *Миронова Л. Н. Цветоведение. – Минск: Высшая школа, 1984.*

6. *Козлов В.Н. Основы художественного оформления текстильных изделий. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.*

7. *Борзунов Г.И., Бесчастнов Н.П., Стор И.Н. Индексация изображения по цветовым сочетаниям // Дизайн и технологии. – 2017. № 62 (104). С. 29...34.*

8. *Борзунов Г.И., Фирсов А.В., Новиков А.Н. Индексация цветовых сочетаний узоров русского декоративно-прикладного искусства // Вестник славянских культур. – 2018. Т. 50. С. 284...300.*

9. *GNU Image Manipulation Program. User Manual. Gimp [Электронный ресурс]. URL: [https://docs.gimp.org/2.8/ru/]. (дата обращения: 12.04.2019).*

10. *Иванов Д.В., Карпов А.С. и др. Алгоритмические основы растровой машинной графики – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010.*

#### REFERENCES

1. *Simon J.D. Prince. Computer vision: models, learning and inference // Cambridge: University Press. – 2012.*
2. *Vizil'ter Yu.V., Zheltov S.Yu., Bondarenko A.V., Ososkov M.B., Morzhin A.V. Obrabotka i analiz izobrazheniy v zadachakh mashinnogo zreniya. – M.: Fizmatkniga, 2010.*
3. *Favorskaya M.N., Proskurin A.V. Kategorizatsiya stsen na osnove rasshirenykh tsvetovykh deskriptorov // Trudy SPIIRAN. – 2015. Vyp. 3(40). S.203...220.*
4. *Itten Y. Iskusstvo tsveta / Per. s nem. L. Monakhova. – M.: D. Aronov, 2007.*
5. *Mironova L. N. Tsvetovedenie. – Minsk: Vysshaya shkola, 1984.*
6. *Kozlov V.N. Osnovy khudozhestvennogo oformleniya tekstil'nykh izdeliy. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1981.*
7. *Borzunov G.I., Beschastnov N.P., Stor I.N. Indeksatsiya izobrazheniya po tsvetovym sochetaniyam // Dizayn i tekhnologii. – 2017. № 62 (104). S. 29...34.*
8. *Borzunov G. I., Firsov A. V., Novikov A. N. Indeksatsiya tsvetovykh sochetaniy uzorov russkogo dekorativno-prikladnogo iskusstva // Vestnik slavyanskikh kul'tur. – 2018. T. 50. S. 284...300.*
9. *GNU Image Manipulation Program. User Manual. Gimp [Elektronnyy resurs]. URL: [https://docs.gimp.org/2.8/ru/]. (data obrashcheniya: 12.04.2019).*
10. *Ivanov D.V., Karpov A.S. i dr. Algoritmicheskie osnovy rastrovoy mashinnoy grafiki – M.: Internet-Universitet Informatsionnykh Tekhnologiy, BINOM, Laboratoriya znaniy, 2010.*

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна. Поступила 06.07.21.

УДК 621(075.8)

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_168

**ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ  
СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ELECTRO KINETIC CONTROL METHOD  
FOR DRYING TEXTILE MATERIAL**

*В.А. СТЕНИН*

*V.A. STENIN*

(Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова)

(Northern (Arctic) Federal University of M.V. Lomonosov)

E-mail: stenin61@yandex.ru

*Предложен электрокинетический метод исследования нестационарных процессов переноса влаги в текстильных материалах при влажно-тепловой обработке. Проведена апробация метода на экспериментальном стенде при исследовании конвективной сушки (естественная конвекция) текстильного материала. Кривая потенциала протекания аналогична типичной кривой сушки капиллярно-пористого материала, однако на участке периода падающей скорости сушки установлены характерные колебания потенциала протекания. Предложена математическая модель переноса влаги при конвективной сушке, которая объясняет колебания экспериментальной кривой потенциала протекания.*

*An electro kinetic method of research unsteady processes of moisture transfer in textile materials in wet-thermal treatment has been proposed. The method was tested on an experimental stand in the study of convective drying (natural convection) of textile material. The similarity of both leaking potential curve and typical capillary-porous drying curve is found, whereas characteristic fluctuations in the flow potential at the period of the falling drying speed are determined. A mathematical model of moisture transfer at convective drying is proposed, the model explains the vibration of the experimental curve of leakage potential.*

**Ключевые слова:** влажно-тепловая обработка, кривая сушки, электрокинетические явления, потенциал протекания.

**Keywords:** wet-heat treatment, drying curve, electro kinetic phenomena, potential of leakage.

В современной технологии производства волокнистых, тканевых и нетканых материалов, предназначенных для текстильной отрасли промышленности, широко применяется влажно-тепловая обработка (ВТО) [1].

Представляется целесообразным рассмотрение новых подходов и к регистрации и контролю нестационарных процессов переноса влаги в текстильных материалах при ВТО. Рекомендуемый стандартом (ГОСТ Р ИСО 13029-2014) метод определения скорости сушки текстильных материалов в динамическом режиме по изменению величины непроницаемости  $R_{et}$  для паров воды требует специальной измерительной установки, расчетного определения  $R_{et}$ , обеспечения стационарного градиента давления и изотермических условий испытаний, реализация которых возможна лишь в исследовательских или заводских лабораториях. Определенный интерес для процесса ВТО представляет метод определения форм связи влаги с материалом, предложенный М. Ф. Казанским. Основан он на изучении кинетики конвективной изотермической сушки, а графическое дифференцирование кривой сушки позволяет построить кривую скорости сушки. Из других экспрессных методов наиболее совершенным является кондуктометрический метод, физическая сущность которого заключается в зависимости электрического сопротивления капиллярно-пористого тела от его влажности [2]. Однако оба метода, основанные на регистрации влажности исследуемого образца, не позволяют контролировать потоки влаги.

В связи с этим автор предлагает, как возможный, электрокинетический метод исследования нестационарных процессов переноса влаги в текстильных материалах при ВТО. Суть метода состоит в следующем. Если на торцы капилляра, через который проталкивается жидкость, наложить измерительные электроды, то на них появится разность потенциалов (потенциал протекания  $E$ ) [3]. Потенциал протекания вызывается движением зарядов – конвективным (поверхностным) током. Потенциал протекания определяется по формуле [3]:

$$E = k\Delta P = \frac{k}{s}F_4, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности, В/Па;  $\Delta P$  – перепад давления на пористой перегородке, Па,  $s$  – площадь сечения капилляров,  $m^2$ ;  $F_4$  – движущая сила, Н.

Текстильные материалы относятся к капиллярно-пористым телам. Известно, что процесс сушки любого капиллярно-пористого материала состоит из перемещения влаги внутри материала и ее испарения с поверхности материала в окружающую среду. Перемещение влаги, обусловленное диффузией, термодиффузией и фильтрацией, вызывается перепадами влагосодержания, температуры и давления по толщине материала, которые в совокупности представляют собой движущую силу  $F_4 = \Delta P_s$  [2].

Математическую модель процесса нестационарного переноса влаги при сушке текстильного материала представим исходя из следующих положений. На влагу в пористой структуре при ее движении в процессе сушки действует ряд сил: сила трения  $F_1$ , сила инерции  $F_3$ , сила давления столба жидкости  $F_2$ , движущая сила  $F_4$ . Алгебраическая сумма всех сил, действующих на поток влаги, в любой момент времени должна быть равна нулю:

$$-F_1 - F_2 - F_3 + F_4 = 0. \quad (2)$$

Сила трения  $F_1$  может быть определена по формуле Пуазейля, где объемный расход  $Q$  равен произведению площади сечения капилляров  $s$  на смещение  $x$  живого сечения потока жидкости [4]:

$$F_1 = \frac{8\eta\ell s}{\pi r^4}Q = \frac{8\eta\ell s^2}{\pi r^4} \frac{dx}{dt}, \quad (3)$$

где  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости,  $H \cdot c/m^2$ ;  $\ell$  – длина капиллярной структуры, м;  $s$  – площадь сечения капилляров,  $m^2$ ;  $r$  – радиус капилляров, м;  $Q$  – объемный

расход жидкости,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $x$  – смещение живого сечения потока жидкости,  $\text{м}$ ;  $t$  – время,  $\text{с}$ .

Силу инерции  $F_3$  представим следующей зависимостью [4]:

$$F_3 = \rho l \frac{dQ}{dt} = \rho l s \frac{d^2x}{dt^2}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность движущейся жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Силу давления столба жидкости (силу тяжести)  $F_2$  определим по формуле [4]:

$$F_2 = \rho g s x. \quad (5)$$

Уравнение движения влаги в пористой структуре в процессе ВТО с учетом зависимостей (1)...(5) запишем в виде:

$$\rho l \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{8\eta l s}{\pi r^4} \frac{dx}{dt} + \rho g x = \frac{1}{k} E. \quad (6)$$

Экспериментальная апробация предложенной математической модели процессов массопереноса при конвективной сушке текстильного материала проводилась на экспериментальном стенде, представленном на рис. 1.

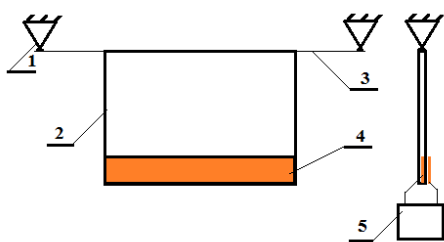


Рис. 1

На натянутую между неподвижными опорами 1 капроновую струну 3 вывешивался опытный образец двухслойного текстильного материала 2 (бязь ГОСТ набивная, артикул 262, плотность  $142\text{г}/\text{м}^2$ , 100% хлопок). Ширина образца 200 мм, высота 120 мм. В нижней части образца внутри слоя и снаружи устанавливались медные сеточные электроды 4. Ширина электрода

30 мм, длина 200 мм. К электродам с помощью медных проводов подключался измерительный комплекс (ИК) 5 (усилитель LM358P, микроконтроллер Arduino Uno Rev 3, персональный компьютер) [5]. Опытный образец предварительно смачивался в проточной воде, отжимался и вывешивался на капроновую струну. Конвективная сушка (естественная конвекция) опытного образца проводилась в течение 280 мин при давлении атмосферного воздуха 764 мм рт. ст. Температура воздуха составляла  $21^\circ\text{C}$  при относительной влажности 41%. В процессе эксперимента регистрировался потенциал протекания ИК5. На рис. 2 (кривая изменения потенциала протекания  $E$ ) представлен уровень изменения  $E$  в процессе сушки опытного образца.

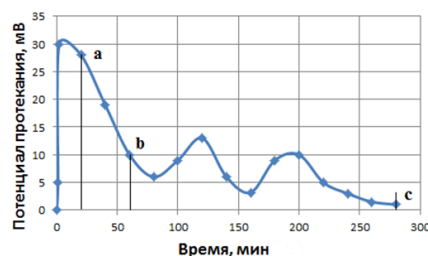


Рис. 2

На графике, как и на стандартной кривой сушки, можно выделить начальную стадию (0a), период постоянной скорости сушки (ab) и период падающей скорости сушки (bc). Однако на участке bc наблюдаются характерные колебания потенциала протекания, что связано с периодическим стеканием влаги из верхней части образца и соответствующей инерционностью движущейся жидкости.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен электрокинетический метод исследования нестационарных процессов переноса влаги в текстильных материалах при ВТО. Проведена апробация метода на экспериментальном стенде при исследовании конвективной сушки (естественная конвекция) текстильного материала. Кривая потенциала протекания аналогична типичной кривой сушки капиллярно-пористого материала, однако на участке периода



падающей скорости сушки установлены характерные колебания потенциала протекания, возникающие в связи с периодическим стеканием влаги из верхней части образца и соответствующей инерционностью движущейся жидкости.

2. Предложена математическая модель нестационарного переноса влаги в текстильных материалах при конвективной сушке, которая объясняет колебательность экспериментальной кривой потенциала протекания и соответственно процесса перемещения влаги в капиллярно-пористом материале при ВТО.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Горелова А.Е., Колотилова Г.В. Влажно-тепловая обработка: общие положения. – Иваново: ИГТА, 2010.

2. Мигальцо И.И., Третьякова Л.И. Термические процессы в швейной промышленности. – Киев: Техника, 1987.

3. Касимзаде М.С. Электрокинетические преобразователи информации. – М.: Энергия, 1973.

4. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003.

5. Блум Д. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. – СПб: БХВ-Петербург, 2019.

#### REFERENCES

1. Gorelova A.E., Kolotilova G.V. Vlazhno-teplovaya obrabotka: obshchie polozheniya. – Ivanovo: IGTA, 2010.

2. Migal'tso I.I., Tret'yakova L.I. Termicheskie protsessy v shveynoy promyshlennosti. – Kiev: Tekhnika, 1987.

3. Kasimzade M.S. Elektrokineticheskie preobrazovateli informatsii. – M.: Energiya, 1973.

4. Zarubin V.S. Matematicheskoe modelirovanie v tekhnike. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E.Baumana, 2003.

5. Blum D. Izuchaem Arduino: instrumenty i metody tekhnicheskogo volshebstva. – SPb: BKhV-Peterburg, 2019.

Рекомендована кафедрой океанотехники и энергетических установок. Поступила 06.07.21.

УДК 504.054

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_171

### **МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИНДИКАЦИЕЙ УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО СОСТОЯНИЮ РОДНИКОВЫХ ВОД**

### **METHODS FOR REDUCING THE CONTENT OF POLLUTANTS IN WASTE WATER OF TEXTILE ENTERPRISES WITH INDICATION OF EXPOSURE LEVEL BY THE STATE OF SPRING WATER**

*С.А. БУЙМОВА, А.Г. БУБНОВ, Ю.Н. МОИСЕЕВ*

*S.A. BUIMOVA, A.G. BUBNOV, YU.N. MOISEEV*

**(Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)**

**(Ivanovo State University of Chemistry and Technology,  
Ivanovo Fire and Rescue Academy of state fire service of EMERCOM of Russia)**

E-mail: byumova@mail.ru; bubag@mail.ru; fireman13@mail.ru

***В работе рассмотрено воздействие предприятий текстильной промышленности на объекты окружающей природной среды, в частности, загрязнение поверхностных и подземных вод. Выделены маркерные показатели:***

*pH, ХПК, БПК, взвешенные вещества, СПАВ, Cl-, соединения Fe и других металлов. Рассмотрены пути уменьшения воздействия текстильных производств на окружающую среду и общие подходы наилучших доступных технологий, применимые ко всем типам текстильных операций, включая подтверждение соответствия текстильных предприятий согласно международной системе тестирования и сертификации изделий из текстильных материалов OEKO-TEX STANDARD 100.*

*The paper considers the impact of textile industry enterprises on environmental objects, in particular, pollution of surface and ground waters. Marker indicators were identified: pH, COD, BOD, suspended solids, surfactants, Cl-, Fe and other metal compounds. Ways of greening textile production and general methods of best available technologies (BAT), applicable to all types of textile operations, including confirmation of compliance of textile enterprises according to the international system of testing and certification of products from textile materials OEKO-TEX STANDARD 100.*

**Ключевые слова:** текстильная промышленность, экологическая безопасность, загрязнение, поверхностные и подземные воды, наилучшие доступные технологии.

**Keywords:** textile industry, environmental safety, pollution, surface and underground waters, best available technologies.

Текстильная промышленность (ТП) – одна из важнейших отраслей экономики. Основная ее функция – выпуск предметов потребления, в первую очередь, тканей и трикотажа. Наряду с этим она удовлетворяет своей продукцией и многие производственные потребности [1]. ТП является составной комплексной частью легкой промышленности, включающей более чем 20 подотраслей, сформированных из нескольких основных производств, объединенных по сырьевому признаку (льняное, хлопча-

тобумажное, шерстяное, шелковое), а также трикотажное производство. ТП РФ имеет очень широкую географию, с преимущественным расположением производств в районах, имеющих емкие и стабильные водные ресурсы. Именно поэтому так актуальны экологические аспекты воздействия предприятий текстильной отрасли на поверхностные водные объекты, включая опосредованное влияние на подземные воды.



Рис. 1

В товарном выражении в текстильной отрасли за последний год произведено 443 млн. м<sup>2</sup> тканей [2]. На рис. 1 приведены данные выпуска тканей предприятиями РФ, %,

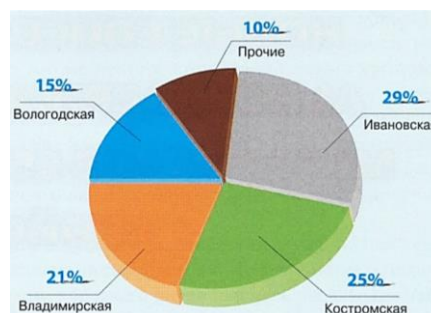


Рис. 2

от общего числа. При этом следует отметить, что большая доля текстильных производств сосредоточена в Центральном федеральном округе (ЦФО). На рис. 2 представ-



лено распределение объемов производства льняных тканей по регионам. Лидером по выпуску хлопчатобумажных тканей является Ивановская область, которая издавна славилась текстильной продукцией. Город Иваново является центром легкой и текстильной промышленности и знаменит своими ситцами и изделиями из текстиля [3].

На сегодняшний день в Ивановской области активно работают более 20 текстильных предприятий, из которых наиболее крупными являются: ООО "ТДЛ Текстиль", ОАО ХБК "Шуйские ситцы", ООО "Норд Текс", ООО "Русский дом", ООО "Самойловский текстиль", Тейковский хлопчатобумажный комбинат, ООО "Яковлевская льняная мануфактура", Комбинат "Родники-Текстиль", ООО ТД "Меланж-Текстиль", ООО "Шуйский текстиль", Отделочная фабрика "Традиции текстиля", ООО "ПКФ "Суконная фабрика", Группа предприятий "Компания Салют", Колобовская текстильная фабрика, Производственно-торговая текстильная компания Меркурий [4].

Несмотря на то, что современные текстильные отделочные предприятия часто работают не на полную проектную мощность, более того – по тканям и материалам на основе натуральных волокон наблюдается некоторый спад производства [2], все-таки до сих пор существенно негативное воздействие предприятий текстильной промышленности на объекты окружающей природной среды: атмосферу, гидросферу и литосферу [5] (вредные вещества обнаруживаются в газовоздушных выбросах и сточных водах, а также отходах производства).

В выбросах в атмосферу предприятий текстильной промышленности присутствуют  $SO_2$  (3,9 % суммарного выброса в атмосферу),  $CO$  (34,9 %), твердые взвешенные вещества (11,8 %),  $NO_x$  (7,4 %), летучие органические соединения (12,6 %), прочие газообразные и жидкие вещества (40,2 %) и др. К текстильным отходам относятся отходы производства: в виде волокон, пряжи, нитей, лоскутов, обрезков текстильных материалов и отходы потребления в виде бытовых текстильных изделий [6]. Отметим, что наибольшую опасность с точки зрения

экологии представляют именно сточные воды текстильных предприятий: по объему сбрасываемых загрязнений сточных вод ТП занимает 8...9 место после энергетического комплекса. Согласно [2] содержание поверхностно-активных веществ в сточных водах ряда текстильных предприятий превышает ПДК в 100...200 раз. Причем в сточных водах предприятий текстильной промышленности могут содержаться: взвешенные вещества, соединения азота, фосфора, серы, хлора, СПАВ, нефтепродукты, жиры, соединения металлов (Fe, Cu, Zn, Cd, Ni, Cr, Al, Mn, Pb, As, Hg) и другие вредные компоненты, оказывающие негативное воздействие на природные водные экосистемы с их флорой и фауной. Для хлопчатобумажных и льняных производств маркерными показателями для водных объектов являются: рН, ХПК, БПК, взвешенные вещества, СПАВ, соединения Fe и Cr, Cl<sup>-</sup> [2]. Поскольку в Ивановской области работают именно такие текстильные производства, то актуальным является контроль в рамках осуществляемого мониторинга именно этих приоритетных загрязнителей в водных объектах региона.

Целью настоящей работы являлось выявление приоритетных методов снижения содержания поллютантов в сточных водах текстильных предприятий Ивановской области с индикацией уровня воздействия по состоянию родниковых вод.

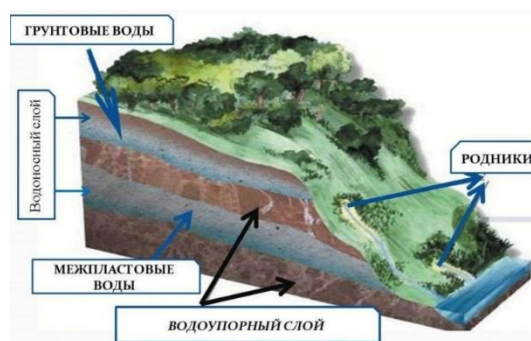


Рис. 3

Следует отметить, что с поверхностными водными объектами всегда тем или иным образом связаны и подземные водоносные горизонты: всегда идут процессы обмена между водами, находящимися пос-

тоянно или временно на поверхности и под землей. Взаимосвязь поверхностных и подземных вод в естественных условиях – одна из стадий процесса круговорота воды в природе, характеризующая водообмен между поверхностной и подземной частями гидросферы (рис. 3) [7]. Поэтому именно родниковые воды могут служить индикатором загрязнения и состояния экосистемы в целом.

Объектом исследования являлись реки г. Иванова (Увось и Харинка), входящие в территорию водосбора р. Волги, а также природные источники – родники, расположенные в долинах этих рек. Отбор проб, пробоподготовка образцов и химический анализ проводились в соответствии с действующей в России нормативной докумен-

тацией при участии специалистов аккредитованной лаборатории [8], [9]. Мониторинговые исследования качества воды трех родников г. Иванова проводились ежемесячно с 2002 г. (по настоящее время). Анализ химического состава проб воды, отобранных из рек Увось и Харинка, проводился поквартально с 2003 г. (по настоящее время). Результаты мониторинговых исследований показали, что в исследованных образцах поверхностных и подземных вод присутствуют одни и те же компоненты [10], ряд из которых присущ тем, что являются маркерными для текстильных предприятий. Химический состав анализируемых проб родниковой воды совпадает качественно, но отличается количественно.

Т а б л и ц а 1

Показатель, ед. изм.	Сточные воды от текстильных предприятий <sup>1</sup>	Поверхностные водные объекты <sup>2</sup>	ПДК <sub>р.х</sub> <sup>3</sup>	Родниковые воды <sup>4</sup>	ПДК <sub>пит</sub> (Норма) <sup>5</sup>
рН, ед. рН	4 – 12	7,5 – 8,3	(6,0 – 8,5)	5,8 – 8,2	(6 – 9)
БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	80 – 12000	1,3 – 8,0	(2,0)	0,2 – 12,0	–
ХПК <sub>КМпО4</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	250 – 1500	30,5 – 65,4	(15,0)	0,5 – 35,0	(5,0)
Общая минерализация, мг/л	до 3000	160 – 260	–	100 – 3500	(1000 – 1500)
СПАВ, мг/л	До 140	0,018 – 0,055	0,1	0,05 – 1,5	0,5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	3 – 60	0,8 – 6,1	40	5 – 90	45
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	До 22,0	0,2 – 7,4	0,4	0,02 – <b>2,0</b>	2,0
Cl <sup>-</sup> , мг/л	1000 – 1600	4,4 – 40,5	300	51 – 230	350
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	20 – 300	8,2 – 47,5	100	18 – 110	500
Fe <sub>общ</sub> , мг/л	До 1,4	0,2 – 0,9	0,1	0,01 – 0,6	0,3
Mn <sub>общ</sub> , мг/л	0,02 – 5,00	0,01 – 0,20	0,01	0,01 – 3,6	0,1
Ni <sub>общ</sub> , мг/л	0,024	0,01 – 0,5	0,01	0,004 – 0,2	0,1
Cu <sub>общ</sub> , мг/л	До 10,0	0,001 – 0,05	0,001	0,001 – 0,04	1,0
Cr <sup>6+</sup> , мг/л	До 8,0	0,001 – 0,01	0,02	0,001 – <b>0,04</b>	0,05
Cd <sup>2+</sup> , мг/л	0,0005 – 0,0010	0,00001 – 0,0009	0,005	0,00005 – 0,0006	0,001
Pb <sup>2+</sup> , мг/л	0,01 – 0,40	0,002 – 0,28	0,1	0,003 – 0,255	0,03
Zn <sup>2+</sup> , мг/л	0,005 – 0,030	0,01 – 0,04	0,01	0,001 – 10,0	5,0
Co <sup>2+</sup> , мг/л	0,01 – 0,20	0,1 – 0,2	0,01	0,002 – 0,022	0,1

Примечание: серым цветом обозначены показатели, значения которых превышают установленные нормативы; <sup>1</sup>данные о химическом составе сточных вод от текстильных предприятий представлены согласно [11], [12]; <sup>2</sup>представлен химический состав проб воды, отобранных из рек Увось и Харинка на территории областного центра – г. Иваново; <sup>3</sup>ПДК<sub>р.х</sub> приведены согласно [13]; <sup>4</sup>представлен диапазон значений показателей, контролируемых в родниковой воде г. Иванова за период 2002 - 2020 гг.; <sup>5</sup>поскольку родниковая вода используется большинством жителей в питьевых целях, сравнение ее химического состава проводилось с величинами ПДК<sub>пит</sub>, представленными в [14].

Каждый из отобранных образцов родниковой воды был проанализирован по 44 показателям качества в соответствии с гигиеническими нормативами СанПиН

2.1.4.1074–01 и СанПиН 2.1.4.1175–02. Контроль качества воды (проводимый в течение 2003 - 2020 гг.) выявил приоритетные химические показатели и загрязнения:

СПАВ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Mn}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Ni}_{\text{общ}}$  [10]. Анализ данных выявил подверженность родниковых вод техногенному воздействию и, как следствие, наличие различного рода загрязнителей. В некоторых случаях концентрация загрязнителей значительно выше в пробах, отобранных из поверхностных водных объектов, по сравнению с образцами природных источников – родников. Маркерные показатели приведены в табл. 1 (примерный химический состав сточных вод от текстильных предприятий (по маркерным показателям), поверхностных и подземных водных объектов г. Иваново (по критериальным загрязнителям)).

Отметим, что природные особенности формирования вод приводят к тому, что все реки Ивановской области отличаются высокой цветностью (из-за наличия гуминовых соединений), высоким содержанием биогенных элементов (соединений N и P), повсеместным наличием солей Fe, Mn, Cu и Zn. Однако нельзя исключать и вклад тех-

ногенного воздействия в уровень загрязнения поверхностных водотоков. Оно может заключаться в сбросе неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод практически во все водотоки – большие и малые (рис. 4 – динамика сброса сточных вод в поверхностные водные объекты Ивановской области) [15]: периодически в некоторых створах отмечались превышения ПДК<sub>р,х</sub> по величине БПК, ХПК, содержанию  $\text{NH}_4^+$ , соединений Fe, Mn, Cu и Zn. Концентрация этих компонентов колеблется в пределах от 2 до 10...14 ПДК<sub>р,х</sub> [15]. Причем диапазон концентраций зависит и от природных факторов: от температурного режима, годовой водности реки. Однако схожий качественный состав поверхностных и подземных вод дает возможность предположить, что источником поступления некоторых компонентов в подземные воды (например, СПАВ), могли стать именно поверхностные водные объекты, подвергающиеся техногенному воздействию в том числе и текстильных производств.

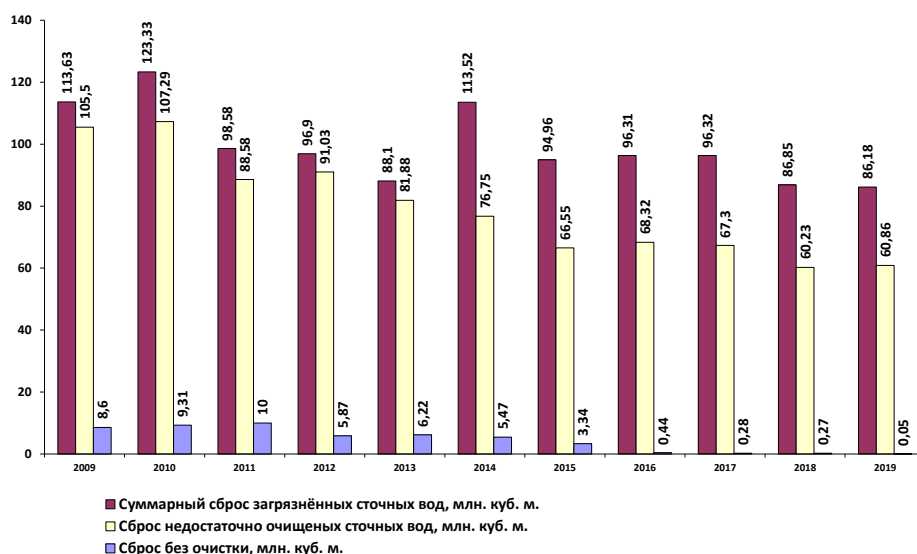


Рис. 4

Следовательно, родники могут являться индикаторами состояния окружающей среды не только в местах выхода, но и в целом экосистемы на их водосборной площади. Кроме того, по присутствующим в родниковой воде загрязнителям можно опосредованно судить о загрязнении сопряженных природных сред, таких как почвен-

ный и растительный покров, атмосферный воздух. Таким образом, выявленные в родниковой воде вещества могут указывать на техногенный источник загрязнения окружающей среды.

Решение проблем экологизации текстильного производства невозможно без дальнейшего развития совмещенных спо-

собов подготовки, крашения и заключительной отделки текстильных материалов, а также без внедрения ресурсосберегающих, малоотходных, экологически безопасных технологий на основе использования биохимических, физико-механических процессов и химии высоких энергий (УЗ, ВЧ, плазма, СВЧ) [2]. Именно они позволяют наиболее эффективно снизить и уровни содержания в сточных водах международно признанных маркерных веществ и показателей воздействия текстильных предприятий (взвешенные вещества, БПК, Cr (III), ПАВ). Ряд методов может быть определен как общие методы наилучших доступных технологий (НДТ), применимые ко всем типам текстильных операций, независимо от используемых ими процессов или текстильных материалов, которые они производят. В первую очередь, – это улучшение общих экологических показателей предприятий текстильной промышленности путем внедрения и поддержания системы экологического менеджмента (Environmental management systems – EMS) согласно требованиям стандартов серии ISO 14000. В настоящее время подтверждение соответствия качества текстильной продукции должно проводиться согласно Oeko-Tex Standard 100 (требования международной системы тестирования и сертификации изделий из текстильных материалов, уста-

навливающей ограничения на использование некоторых химических веществ). Соответствие им и стандартам серии ISO 14000 является обязательным условием маркетинга продукции на международных рынках. Во-вторых, управление системой предотвращения загрязнений сточных вод, образуемых в процессах отделки текстильных материалов, должно осуществляться при использовании методов/оборудования, приведенных в табл. 2 [2]. В-третьих, рациональное управление системой предотвращения загрязнений сточных вод, снижение расхода свежей воды и образования сточных вод при обработке текстильных материалов с помощью комбинации методов, приведенных в табл. 3 [16]. В качестве же методов для снижения концентрации специфических загрязнителей от текстильных предприятий могут быть использованы следующие: биологическая очистка, сочетание различных способов физико-химической очистки (коагуляции с флокуляцией, окислением, сорбцией, разделением на мембранах, которые позволяют удалять примеси, не поддающиеся биохимическому разложению), электрохимические методы, обработка сточных вод УФ-излучением. В зависимости от типа загрязнителя методы очистки сточных вод можно сгруппировать следующим образом (табл. 4) [17].

Т а б л и ц а 2

№	Метод/оборудование	Применимость
1	Использование устройств контроля потока и автоматических запорных клапанов на оборудовании непрерывного действия	Общеприменимы
2	Использование автоматических приборов для контроля объема наполнения рабочих ванн и температуры раствора в оборудовании периодического действия	
3	Соблюдение технологических режимов и экологических норм при работе на оборудовании	
4	Использование оборудования периодического действия с низким модулем	
5	Повторное использование регенерированной щелочи в процессах мерсеризации	Общеприменимы
6	Применение маломодульных пропитывающих машин в линиях непрерывной обработки текстильных материалов	Применимо
7	Повторное использование красильных растворов	
8	Обработка сточных вод процессов крашения на очистных установках при использовании широко применяемых методов, таких как электролиз, ультрафильтрация и обратный осмос, флокуляция, окисление/восстановление и применение активированного ила	

Т а б л и ц а 3

№	Метод/оборудование	Применимость
1	Повторное использование технологической воды для замены свежей (замкнутый цикл водопользования)	Применимо только на вновь строящихся предприятиях
2	Контроль за использованием воды, анализ и оптимизация процесса	Общеприменимы
3	Использование локальных очистных сооружений для сточных вод каждого цеха с целью повторного использования воды в технологических процессах	Применим при модернизации существующего производства
4	Организация станций водоподготовки с целью минимизации использования стабилизаторов в белящих перекисных растворах	Ограничено применимо

Т а б л и ц а 4

Тип загрязнителя	Примеры методов очистки сточных вод
Нерастворимые в воде грубодисперсные примеси – взвеси, суспензии и эмульсии (первая группа), образуют с водой гетерогенные кинетически неустойчивые соединения	Методы, основанные на использовании сил гравитации
Вещества коллоидной степени дисперсности ( $R = 0,1$ мкм), образующие с водой гидрофильные и гидрофобные системы, близкие к коллоидным растворам (вторая группа)	Флотация, седиментация, коагуляция, фильтрация
Вещества молекулярной степени дисперсности ( $R < 0,01$ мкм). Растворимые органические соединения (третья группа)	Сорбция с применением активированных углей
Ионные растворы ( $R < 0,001$ мкм). Растворы солей, кислот, щелочей, ионы металлов – электролиты (четвертая группа)	Метод обессоливания, реагентный метод – перевод ионов в малорастворимые соединения

## ВЫВОДЫ

Таким образом, разработка не только экономических технологий, приводящих к снижению себестоимости продукции, но и одновременно экологически безопасных и эффективных является одним из первых этапов решения экологических проблем любого текстильного производства. Это дело дорогостоящее и долговременное, если не постоянное, поэтому то и должно быть обеспечено государственное регулирование и софинансирование проектов создания комплексов очистных сооружений, обеспечивающих полноценную и эффективную работу предприятий отрасли [2]. Контроль же эффективности мероприятий можно осуществлять путем мониторинга не только качества воды поверхностных вод, но и родников, находящихся в зоне влияния текстильных предприятий. Индикация наличия загрязнителей в родниковых водах по маркерным показателям, характерным для сточных вод от предприятий текстильной промышленности, может являться дополнительным способом контроля уровня техногенной нагрузки на объекты биосферы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Демесинова А.А., Айдарова А.Б., Молдогазиева Г.М., Досмуратова Э.Е. Энергия из отходов текстильного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 1. С.71...75.
2. ИТС 39–2017. Производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация, крашение текстильных волокон, отбеливание, крашение текстильной продукции). – Доступ из справочно-правовой системы "Консультант плюс" (дата обращения 15.10.2020).
3. URL:<https://ivgoradm.ru/mainPage> – официальный сайт администрации г. Иваново (дата обращения 20.10.20).
4. URL:<https://www.мойбизнес37.рф/> – официальный сайт центра "Мой бизнес" АНО "Центр развития предпринимательства и поддержки экспорта Ивановской области" (дата обращения 20.10.20).
5. URL:<https://eco.ivanovoobl.ru/> – официальный сайт Департамента природных ресурсов и экологии Ивановской области. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ивановской области в 2019 году (дата обращения 18.10.20).
6. Баранова, А.Ф., Мамедов С.Н., Погодина И.В. Экологические проблемы текстильной промышленности и пути их решения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 4. С.170...174.
7. Левчук А.А., Александрова А.В., Сидоркович С.А. Оценка качества подземных вод, используемых

в хозяйственно-питьевых целях // Вестник евразийской науки. – 2019. Т. 11, № 4. С. 7.

8. Буймова С.А., Бубнов С.А. Методы контроля качества воды питьевого назначения // Контроль качества продукции. – 2019, №5. С. 45...50.

9. Buymova S.A., Bubnov A.G., Tsarev Yu.V., Semenov A.O. Assessment of potential risk and damage to population health from water and food chemical contamination // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. – Т.62. V.6, 2019. P. 119...130. DOI: <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20196206.5816>.

10. Буймова С.А., Бубнов С.А. Комплексная оценка качества родниковых вод на примере Ивановской области. – Иван. гос. хим. - технол. ун-т, Иваново. 2012.

11. URL:<https://hydropark.ru/projects/textile.htm> – транснациональный экологический проект "Очистка сточных вод текстильного производства" (дата обращения 10.05.2021).

12. Ануфриев В.Н. Очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности // Экология на предприятии. – 2015, № 1(43). С. 87...96.

13. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения".

14. СанПиН 2.1.4.1074–01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

15. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ивановской области в 2019 году – подготовлен совместно Правительством Ивановской области с Департаментом природных ресурсов и экологии Ивановской области.

16. ИТС 8–2015. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. – Доступ из справочно-правовой системы "Консультант плюс" (дата обращения 15.10.2020).

17. Утебаева А.А., Бахов Ж.К., Абдуова А.А., Абдикеримов С.Ж., Джусипбекова Г.П., Бейсенбаева Ш.Г., Куралбаева А.Н. Комбинированная технологическая схема очистки сточных вод текстильных производств // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 1. С. 312...318.

## REFERENCES

1. Demesinova A.A., Aydarova A.B., Moldogazieva G.M., Dosmuratova E.E. Energiya iz otkhodov tekstil'nogo proizvodstva // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 1. S.71...75.

2. ITS 39–2017. Proizvodstvo tekstil'nykh izdeliy (promyvka, otbelivanie, merserizatsiya, krashenie tekstil'nykh volokon, otbelivanie, krashenie tekstil'noy produktsii). Dostup iz spravochno-pravovoy sistemy "Konsul'tant plyus" (da-ta obrashcheniya 15.10.2020).

3. URL:<https://ivgoradm.ru/mainPage> – ofitsial'nyy

sayt administratsii g. Ivanovo (data obrashcheniya 20.10.20).

4. URL:<https://www.moybiznes37.rf/> – ofitsial'nyy sayt tsentra "Moy biznes" ANO "Tsentr razvitiya predprinimatel'stva i podderzhki eksporta Ivanovskoy oblasti" (data obrashcheniya 20.10.20).

5. URL:<https://eco.ivanovoobl.ru/> – ofitsial'nyy sayt Departamenta prirodnnykh resursov i ekologii Ivanovskoy oblasti. Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Ivanovskoy oblasti v 2019 godu (data obrashcheniya 18.10.20).

6. Baranova, A.F., Mamedov S.N., Pogodina I.V. Ekologicheskie problemy tekstil'noy promyshlennosti i puti ikh resheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 4. S. 170...174.

7. Levchuk A.A., Aleksandrova A.V., Sidorkovich S.A. Otsenka kachestva podzemnykh vod, ispol'zue-mykh v khozyaystvenno-pit'evykh tselyakh // Vestnik evraziyskoy nauki. – 2019. T. 11, № 4. S. 7.

8. Buymova S.A., Bubnov S.A. Metody kontrolya kachestva vody pit'evogo naznacheniya // Kontrol' kachestva produktsii. – 2019, №5. S. 45...50.

9. Buymova S.A., Bubnov A.G., Tsarev Yu.V., Semenov A.O. Assessment of potential risk and damage to population health from water and food chemical contamination // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. – Т.62. V.6, 2019. P. 119...130. DOI: <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20196206.5816>.

10. Buymova S.A., Bubnov S.A. Kompleksnaya otsenka kachestva rodnikovykh vod na primere Ivanovskoy oblasti. – Ivan. gos. khim. - tekhnol. un-t, Ivanovo. 2012.

11. URL:<https://hydropark.ru/projects/textile.htm> – transnatsional'nyy ekologicheskiy projekt "Ochistka stochnykh vod tekstil'nogo proizvodstva" (data obrashcheniya 10.05.2021).

12. Anufriev V.N. Ochistka stochnykh vod predpriyatiy tekstil'noy promyshlennosti // Ekologiya na predpriyatii. – 2015, № 1(43). S. 87...96.

13. Prikaz Ministerstva sel'skogo khozyaystva RF ot 13 dekabrya 2016 g. № 552 "Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya".

14. SanPiN 2.1.4.1074–01 Pit'evaya voda. Gigenicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva.

15. Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Ivanovskoy oblasti v 2019 godu – podgotovlen sovместно Pravitel'stvom Ivanovskoy oblasti s Departamentom prirodnnykh resursov i ekologii Ivanovskoy oblasti.

16. ITS 8–2015. Ochistka stochnykh vod pri proizvodstve produktsii (tovarov), vypolnenii rabot i okazanii uslug na krupnykh predpriyatiyakh. – Dostup iz spravochno-pravovoy sistemy "Konsul'tant plyus" (data obrashcheniya 15.10.2020).

17. Utebaeva A.A., Bakhov Zh.K., Abduova A.A.,

УДК 624.011.1

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_179

**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ НВС-СОЕДИНЕНИЙ  
ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПОЛОЖЕНИИ ВВИНЧЕННОГО СТЕРЖНЯ**

**BEARING CAPACITY AND DEFORMABILITY OF ISR-CONNECTIONS  
OF WOODEN ELEMENTS  
AT DIFFERENT POSITIONS OF THE SCREWED-IN ROD**

*В.И. ЛИНЬКОВ*

*V.I. LINKOV*

(Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ))

(Moscow State University of Civil Engineering (MGSU) National Research University)

E-mail: Linkov-kdip@mail.ru

*Несущая способность и деформативность соединений на наклонных ввинченных стержнях (НВС) зависит от положения ввинченного стержня по отношению к волокнам деревянных элементов составного сечения, применение которых целесообразно при реконструкции объектов текстильной промышленности. Проведена сравнительная оценка результатов испытаний образцов НВС-соединений с положением стержня под углом 30, 45, 60 и 90 градусов, определены прочностные и деформационные характеристики, коэффициенты надежности требуемые и фактические. Показано, что наиболее эффективной для НВС-соединений является установка ввинченных стержней под углом 30° к направлению волокон. По сравнению с традиционным – поперек волокон – расположение стержней под углом 30° и 45° повышает несущую способность НВС-соединений в 3,5 и в 2,1 раза, снижает деформативность на 75% и на 52% соответственно.*

*The bearing capacity and deformability of joints on inclined screwed rods (ISR) depends on the position of the screwed rod in relation to the fibers of wooden elements of composite section, the use of which is advisable in the reconstruction of textile industry. A comparative evaluation of the test results of wooden samples of ISR-compounds with the position of the rod at an angle of 30, 45, 60 and 90 degrees is carried out, strength and deformation characteristics and reliability and required safety factors are determined. It is shown that the most effective for ISR-compounds is the installation of screwed rods at an angle of 30 degrees to the direction of the fibers. Compared to the traditional - across the fibers - the location of the rods at an angle of 30 and 45 degrees increases the bearing capacity of the ISR-compounds by 3.5 and 2.1 times, reduces the deformability by 75% and 52%, respectively.*



**Ключевые слова:** реконструкция объектов текстильной промышленности, древесина, соединения на наклонных ввинченных стержнях, деревянные элементы составного сечения, несущая способность, деформативность, полные деформации, коэффициенты надежности требуемый и фактический, разрушающая нагрузка, верхняя граница области упругой работы соединения.

**Keywords:** reconstruction of textile facilities, wood, connections on inclined screwed rods, composite wood elements, load bearing capacity, deformability, complete deformations, reliability factors required and actual, breaking load, upper boundary of the region of elastic work of the connection.

Соединения на податливых связях [1...3], в том числе на наклонных ввинченных стержнях (НВС) без применения клея [4], [5], позволяют создавать деревянные элементы составного сечения, которые могут применяться при реконструкции объектов текстильной промышленности в виде балок, стоек, панелей верхнего пояса металлодеревянных ферм, работающих на поперечный изгиб, сжатие и сжатие с изгибом [6]. При этом на стадии изготовления влажность соединяемых брусьев не ограничивается требованиями, характерными для клеевых соединений [7]. В то время как для прочностных расчетов деревянных кон-

струкций важен модуль упругости древесины [8], [9], для составных конструкций на податливых связях [13], [14] важную роль играют деформации соединений [10].

Древесина является анизотропным материалом, прочность и деформативность которого зависит от угла между направлением действующих напряжений и направлением волокон деревянного элемента. Цель настоящей работы – провести сравнительную оценку несущей способности и деформативности НВС-соединений деревянных элементов при различных углах наклона ввинченного стержня к волокнам соединяемых элементов.

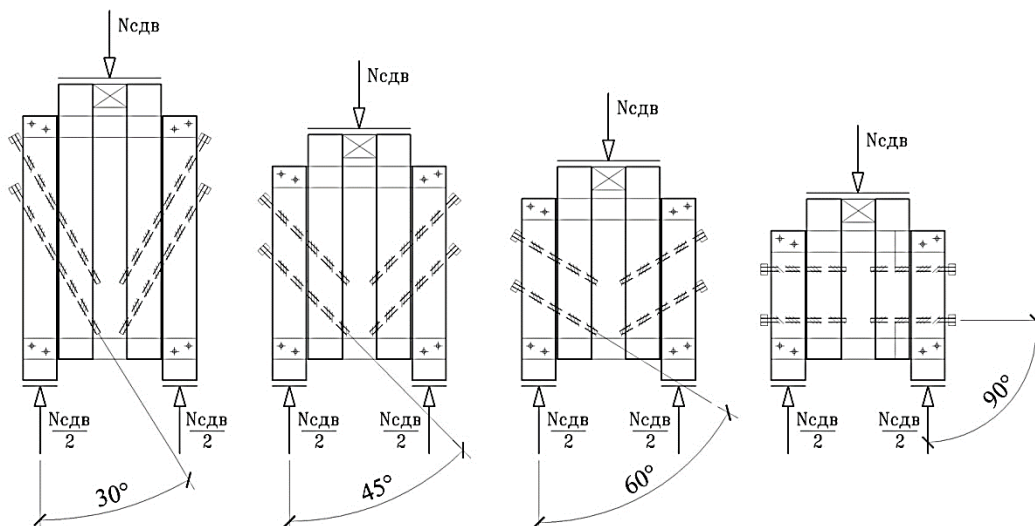


Рис. 1

В традиционных нагельных соединениях [11], [12] цилиндрические нагели устанавливаются в заранее просверленные отверстия и располагаются, как правило, поперек волокон соединяемых элементов. В соединениях деревянных элементов на

наклонных вклеенных и ввинченных стержнях наиболее распространенным является положение стержня под углом 45 градусов по отношению к волокнам, удобное с технологической точки зрения и удовлетворительное по критерию несущей



способности и деформативности соединения. Однако в соединениях на клеенных стержнях встречается расположение стержней под 30 и под 60 градусов по отношению к волокнам древесины. На кафедре металлических и деревянных конструкций НИУ МГСУ проведены испытания четырех типов образцов НВС-соединений, в которых положение ввинченных стержней по отношению к волокнам соединяемых деревянных элементов составляло 30, 45, 60 и 90 градусов (рис. 1), по три образца на каждый тип соединения. Была принята конструкция симметричного образца, состоящего из двух односрезных соединений. Металлические стержни диаметром  $d_{ст} = 10$  мм с укрупненным шагом резьбы установлены в образце по 2 штуки на каждый срез соединения. Испытания проводили нагружением ступенями с периодической разгрузкой, величина ступени нагружения 3 кН. Выполняли измерение деформаций взаимного сдвига соединяемых элементов, определяли нагрузку  $N_{I-II}$ , соответствующую верхней границе области упругой работы (ВГОУР) соединений, разрушающую нагрузку  $N_t$ , проводили оценку несущей способности НВС-соединений по ГОСТ 33082–2014 "Конструкции деревянные. Методы определения несущей способности узловых соединений" и сравнительную оценку несущей способности соединений с различным положением ввинченных стержней по отношению к волокнам древесины соединяемых элементов.

Разрушение соединений носило пластический характер, сопровождалось скалыванием древесины по поверхности соприкасания с резьбой наклонно ввинченного стержня, изгибом винтов и смятием древесины в гнезде под стержнем. Для оценки несущей способности НВС-соединений с учетом длительной прочности древесины для каждого типа образцов вычисляли по ГОСТ 33082–2014 коэффициент надежности, требуемый исходя из времени  $t$ , приведенного к неизменному действию на образец разрушающего усилия:

$$K_{треб} = 1,38 \cdot (1,94 - 0,116 \lg t),$$

где  $t = t_1' / 38,2$  – время, приведенное к неизменному действию на образец разрушающего усилия,  $t_1' = n^2 t'$  – общая продолжительность испытания,  $c$ ;  $n$  – количество ступеней нагружения;  $t' = 9 \dots 10$  с – продолжительность изменения усилия на величину одной ступени. Для нагрузки  $N_{I-II}$ , соответствующей верхней границе области упругой работы соединения коэффициент надежности составляет  $K_{треб I-II} = 1,3$ . При этом коэффициенты надежности фактические  $K_{факт} = N_t / N_{п}$ ,  $K_{факт I-II} = N_{I-II} / N_{п}$  соответственно. Также представлены на основных уровнях нагружения деформации образцов НВС-соединений в абсолютных значениях полных деформаций  $D_{п}$ , мм, и показателей деформативности соединений в виде отношения  $D_{п} / N_1$ , мм/кН, где  $N_1$  – усилие, приходящееся на 1 стержень в образце. Результаты испытаний представлены на графиках на рис. 2 (деформации образцов НВС-соединений при различном положении ввинченных стержней) и рис. 3 (влияние угла положения ввинченного стержня на несущую способность и деформативность НВС-соединений), в табл. 1 (результаты сравнительных испытаний образцов НВС-соединений при положении ввинченного стержня под углом 30, 45, 60 и 90 градусов) и табл. 2 (сравнительная оценка несущей способности образцов НВС-соединений).

Из рассмотрения графиков на рис. 2 и 3 и табл. 1 видим, что деформации НВС-соединений носят нелинейный характер, при этом с уменьшением угла между ввинченным стержнем и направлением волокон древесины деформативность НВС-соединения уменьшается, несущая способность НВС-соединений увеличивается. При переходе от традиционного положения нагеля поперек волокон соединяемых элементов к наклонному положению ввинченного стержня, например при уменьшении угла от 90 до 30 градусов деформативность образцов НВС-соединений снижается: на уровне расчетной несущей способности соединений в 4,2 раза, на уровне верхней границы области упругой работы соединений в 3,7 раза. Прочностные характеристики НВС-соединений при уменьшении угла от 90 до

30 градусов увеличиваются: на уровне разрушающей нагрузки в 3,26 раза, на уровне

верхней границы области упругой работы соединений – в 4 раза.

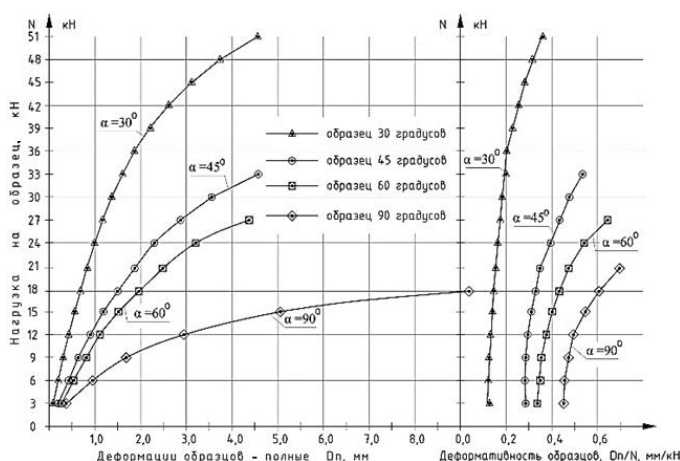


Рис. 2

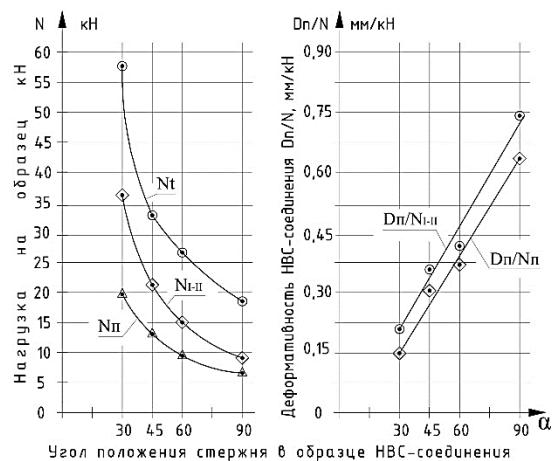


Рис. 3

Таблица 1

Угол, градус	Нагрузка на образец, кН			Деформации полные $D_p$ , мм, при нагрузке на образец			Деформативность соединения, $D_p/N_1^*$ , мм/кН	
	$N_t$	$N_{т-II}$	$N_p$				при $N_{т-II}$	при $N_p$
				при $N_t$	при $N_{т-II}$	при $N_p$		
30	57,68	36	19,77	4,58	1,82	0,74	0,202	0,150
45	33,60	21	12,99	4,61	1,89	0,98	0,360	0,302
60	26,60	15	9,22	4,38	1,51	0,85	0,403	0,369
90	17,71	9	6,60	9,1	1,68	1,04	0,747	0,631

Примечание.  $N_1$  – усилие, приходящееся на 1 стержень, в том числе для разрушающей нагрузки  $N_1 = N_t/4$ , для нагрузки, соответствующей ВГОУР,  $N_1 = N_{т-II}/4$ .

Результаты сравнительной оценки несущей способности и деформативности НВС-соединений при различном положении ввинченного стержня в образце представлены в табл. 2. Сравнительную оценку проводили по отношению к соединению с тра-

диционным положением стержня – 90 градусов (поперек волокон) и по отношению к соединению с положением стержня под углом 45 градусов, как наиболее распространенному в НВС-соединениях.

Таблица 2

Угол	По нагрузке			По деформации $D_p$		По деформативности соединения	
	$N_t$	$N_{т-II}$	$N_p$	при $N_{т-II}$	при $N_p$	при $N_{т-II}$	при $N_p$
1 - по отношению к НВС-соединению под углом 90 градусов							
30	3,257	4,000	2,998	1,083	0,712	0,271	0,237
45	1,897	2,333	1,970	1,125	0,942	0,482	0,478
60	1,502	1,667	1,398	0,899	0,817	0,539	0,584
90	1	1	1	1	1	1	1
2 - по отношению к НВС-соединению под углом 45 градусов							
30	1,717	1,714	1,522	0,963	0,755	0,562	0,496
45	1	1	1	1	1	1	1
60	0,792	0,714	0,710	0,799	0,867	1,119	1,222
90	0,527	0,429	0,508	0,889	1,061	2,074	2,090

Из рассмотрения табл. 2 видим, что наиболее эффективной для НВС-соединений является установка наклонных ввинченных стержней под углом 30 градусов к направлению волокон. По сравнению с традиционным – поперек волокон – расположение стержней под углом 30 градусов в среднем повышает несущую способность НВС-соединения в 3,5 раза, снижает деформативность НВС-соединений на 75%. Расположение стержней под 45 градусов, что считается наиболее удобным с технологической точки зрения, в среднем повышает несущую способность в 2,1 раза, снижает деформативность на 52%. Установка наклонных ввинченных стержней под углом 60 градусов к волокнам, что может быть востребовано в условиях ограниченных размеров участка для размещения наклонных стержней, по сравнению с традиционным увеличивает несущую способность

НВС-соединения в 1,5 раза и снижает деформативность соединения на 44%.

Результаты оценки несущей способности НВС-соединений по ГОСТ 33082–2014 представлены в табл. 3 (оценка несущей способности образцов НВС-соединений при положении ввинченного стержня под углом 30, 45, 60 и 90 градусов). Из рассмотрения табл. 3 видим, что для всех типов образцов НВС-соединений независимо от угла наклона ввинченного стержня по отношению к волокнам соединяемых элементов коэффициенты надежности фактические для максимальной несущей способности образцов  $N_t$  и коэффициенты надежности фактические для нагрузки  $N_{I-II}$  больше требуемых. Для нагрузки  $N_t$  коэффициенты надежности фактические составили в среднем  $K_{факт} = 2,768 > K_{треб} = 2,45$ , для нагрузки  $N_{I-II}$   $K_{факт_{I-II}} = 1,61 > K_{треб_{I-II}} = 1,3$ , что больше требуемого в 1,13 и 1,24 раза соответственно.

Т а б л и ц а 3

Угол	$t_1', c$	По разрушающей нагрузке			По нагрузке $N_{I-II}$		
		$K_{треб}$	$K_{факт}$	Запас	$K_{треб_{I-II}}$	$K_{факт_{I-II}}$	Запас
30	83,77	2,369	2,917	1,23	1,3	1,821	1,401
45	37,70	2,425	2,586	1,07		1,616	1,243
60	19,08	2,472	2,884	1,17		1,626	1,251
90	8,01	2,533	2,685	1,06		1,364	1,050
Среднее		2,450	2,768	1,13	1,3	1,607	1,236

## ВЫВОДЫ

1. Для соединений на наклонных ввинченных стержнях без применения клея определены показатели несущей способности и деформативности НВС-соединений при положении ввинченного стержня под углом 90, 60, 45, 30 градусов по отношению к волокнам деревянных элементов. Установлено, что с уменьшением угла между ввинченным стержнем и направлением волокон древесины соединяемых элементов деформативность НВС-соединения уменьшается, несущая способность НВС-соединений увеличивается.

2. Наиболее эффективной для НВС-соединений является установка ввинченных стержней под углом 30 градусов к направлению волокон. По сравнению с традиционным – поперек волокон – расположение стержней под углом 30 градусов повышает

несущую способность НВС-соединения в 3,5 раза, снижает деформативность на 75%.

3. Для всех типов образцов НВС-соединений независимо от угла наклона ввинченного стержня по отношению к волокнам соединяемых элементов коэффициенты надежности фактические для нагрузки  $N_t$  и для нагрузки  $N_{I-II}$  больше требуемых в 1,13 и 1,24 раза соответственно. Этим подтверждается, что соединения деревянных элементов на наклонных ввинченных стержнях обладают достаточной несущей способностью для применения в деревянных конструкциях составного сечения при реконструкции объектов текстильной промышленности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Храмов К.С. Развитие расчета соединений деревянных конструкций с применением шурупов // Вестник гражданских инженеров. – 2012, № 2 (31). С. 83...85.

2. Дмитриев П.А., Жаданов В.И., Столповский Г.А. Соединения элементов деревянных конструкций на стальных винтовых крестообразных стержнях, работающих на выдергивание // Изв. вузов. Строительство. – 2010, № 4 (616). С. 133...137.

3. Аркаев М.А., Жаданов В.И. Расчет односрезных соединений на витых крестообразных нагелях при усилении деревянных конструкций путем увеличения поперечного сечения // Изв. вузов. Строительство. – 2017, № 2 (698). С. 92...100.

4. Пятикрестовский К.П., Травуш В.И., Погорельцев А.А., Клюкин А.А. Разработка конструкций из цельной древесины для объектов инфраструктуры // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – V. 14. № 1, 2018. P. 145...154.

5. Клюкин А.А., Пятикрестовский К.П. Покрытие-оболочка с ребрами из целнодеревянных элементов составного сечения // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015, № 1. С. 103...106.

6. Линьков В.И. К вопросу проектирования составных деревянных балок на наклонных металлических стержнях для покрытий реконструируемых объектов текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С. 84...89.

7. С.Б.Турковский и др. Клееные деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК). – М.: РИФ Стройматериалы, 2013.

8. Погорельцев А.А., Пятикрестовский К.П. Обоснование нормируемых значений модулей упругости при расчетах деревянных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. – 2013, № 10. С. 33...35.

9. Арленинов Д.К. О расчете деревянных конструкций по деформируемой схеме // Промышленное и гражданское строительство. – 2016, № 1. С.43...46.

10. Линьков В.И. Моделирование работы деревянных балок составного сечения на податливых связях с применением теории составных стержней А.Р. Ржаницына // Строительная механика и расчет сооружений. – 2011, № 5. С. 30...35.

11. Водяников М.А., Кашеварова Г.Г., Штро П.С. Деформативность и несущая способность узлов стыка деревянных конструкций на стальных и углепластиковых нагелях // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. Т. 2. С. 50...56.

12. Водяников М.А., Воробьев А.В. Оценка работы соединений деревянных конструкций на стальных и углепластиковых цилиндрических нагелях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017, № 1 (25). С.159...169.

13. Walford G. Bryan. Tests on nailed and glued layered timber cylindrical shells. ASCE J Struct Div. – Vol. 106. 1980. P. 247...263.

14. E. George Stern. Nailed Flitch beams and griders providing opportunities in wood construction. Virginia Polytechnic Institute & State University Department. - VA, USA. 1982. P. 55...64.

## REFERENCES

1. Khramov K.S. Razvitie rascheta soedineniy derevyannykh konstruktсий s primeneniem shurupov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2012, № 2 (31). S. 83...85.

2. Dmitriev P.A., Zhadanov V.I., Stolpovskiy G.A. Soedineniya elementov derevyannykh konstruktсий na stal'nykh vintovykh krestoobraznykh sterzhnyakh, rabotayushchikh na vydergivanie // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2010, № 4 (616). S. 133...137.

3. Arkaev M.A., Zhadanov V.I. Raschet odnosreznnykh soedineniy na vitykh krestoobraznykh nagelyakh pri usilenii derevyannykh konstruktсий putem uvelicheniya poperechnogo secheniya // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2017, № 2 (698). S. 92...100.

4. Pyatikrestovskiy K.P., Travush V.I., Pogorel'tsev A.A., Klyukin A.A. Razrabotka konstruktсий iz tsel'noy drevesiny dlya ob"ektov infrastruktury // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – V. 14. № 1, 2018. P. 145...154.

5. Klyukin A.A., Pyatikrestovskiy K.P. Pokrytie-obolochka s rebrami iz tsel'noderevyannykh elementov sostavnogo secheniya // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2015, № 1. S.103...106.

6. Lin'kov V.I. K voprosu proektirovaniya sostavnykh derevyannykh balok na naklonnykh metallicheskikh sterzhnyakh dlya pokrytiy rekonstruiemykh ob"ektov tekstil'noy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 3. S. 84...89.

7. S.B.Turkovskiy i dr. Kleenye derevyannye konstruktсии s uzlami na vkleennykh sterzhnyakh v sovremennom stroitel'stve (sistema TsNIISK). – М.: RIF Stroymaterialy, 2013.

8. Pogorel'tsev A.A., Pyatikrestovskiy K.P. Obosnovanie normiruemykh znacheniy moduley uprugosti pri raschetakh derevyannykh konstruktсий // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2013, № 10. S.33...35.

9. Arleninov D.K. O raschete derevyannykh konstruktсий po deformiruemyy skheme // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2016, № 1. S.43...46.

10. Lin'kov V.I. Modelirovanie raboty derevyannykh balok sostavnogo secheniya na podatlivykh svyazyakh s primeneniem teorii sostavnykh sterzhney A.R. Rzhantsyna // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. – 2011, № 5. S. 30...35.

11. Vodyannikov M.A., Kashevarova G.G., Shtro P.S. Deformativnost' i nesushchaya sposobnost' uzlov styka derevyannykh konstruktсий na stal'nykh i ugleplastikovykh nagelyakh // Sovremennye tehnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika. – 2017. T. 2. S. 50...56.

12. Vodyannikov M.A., Vorob'ev A.V. Otsenka raboty soedineniy derevyannykh konstruktсий na stal'nykh i ugleplastikovykh tsilindricheskikh nagelyakh

// Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika. – 2017, № 1 (25). S. 159...169.

13. Walford G. Bryan. Tests on nailed and glued layered timber cylindrical shells. ASCE J Struct Div. – Vol. 106. 1980. P. 247...263.

14. E. George Stern. Nailed Flitch beams and griders providing opportunities in wood construction. Virginia Polytechnic Institute & State University Department. - VA, USA. 1982. P. 55...64.

Рекомендована кафедрой металлических и деревянных конструкций. Поступила 22.06.20.

---

УДК 539.434:677.494

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_186

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ДЕФОРМАЦИОННО-РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ  
ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ\***

**DEVELOPMENT OF METHODS FOR SPECTRAL MODELING  
OF POLYMERIC TEXTILE MATERIAL  
DEFORMATION-RELAXATION PROCESSES**

*Н.В. ПЕРЕБОРОВА, А.Г. МАКАРОВ, М.А. ЕГОРОВА, А.А. МАКАРОВА*

*N.V. PEREBOROVA, A.G. MAKAROV, M.A. EGOROVA, A.A. MAKAROVA*

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: Nina1332@yandex.ru; makvin@mail.ru; maregoro@mail.ru

*В статье рассматриваются методы спектрального моделирования основополагающих вязкоупругих процессов полимерных текстильных материалов – релаксационного и деформационного, а также их комбинаций. Разрабатываемые методы спектрального моделирования указанных процессов позволяют выявить деформационно-релаксационные свойства изучаемых материалов, знание которых лежит в основе проектирования новых материалов со специальными функциональными свойствами.*

*The article deals with the methods of the fundamental viscoelastic processes of polymer textile materials spectral modeling - relaxation and deformation, as well as their combinations. The developed methods of spectral modeling of these processes allow us to identify the deformation-relaxation properties of the studied materials, their knowledge is central to the design of new materials with special functional properties.*

**Ключевые слова:** ползучесть, вязкоупругость, пластичность, упругость, деформация, релаксация, полимерные текстильные материалы, прогнозирование, спектральное моделирование.

**Keywords:** creep, viscoelasticity, ductility, elasticity, deformation, relaxation, polymeric textile materials, forecasting, spectral modeling.

---

\* Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Изучая функциональные свойства полимерных текстильных материалов, надо учитывать, что основной интерес представляют вязкоупругие процессы, основополагающими представителями которых являются релаксационные и деформационные процессы. При этом на изучаемые деформационно-релаксационные свойства полимерных текстильных материалов могут оказывать влияние различные факторы, например, температурные воздействия, уровни и длительности механических воздействий и др.

Для сравнительного анализа и прогнозирования указанных процессов необходима разработка математической модели на основе физически обоснованного аналитического описания этих влияний.

В этом направлении в ряде технологических вузов России ведутся работы по применению уравнений наследственной механики твердых деформируемых тел к различным полимерным текстильным материалам. Различия в предлагаемых решениях этих задач объясняются их сложностью. Наибольшее внимания заслуживают те варианты решений, когда имеется физическая обоснованность выбранных уравнений в сочетании с минимумом количества используемых параметров [1...3].

Следует заметить, что изучение механических свойств указанных материалов, проявляющихся в условиях эксплуатации, гораздо сложнее, чем измерение только лишь разрывных характеристик, которые далеки от объективной оценки свойств материала.

Задача значительно усложняется, когда у полимерных текстильных материалов помимо вязкоупругих свойств проявляются также и пластические свойства, то есть появляется необратимый компонент деформации, которому также следует уделить особое внимание [4...6].

Особую ценность имеет решение такой задачи для полимерных текстильных материалов, когда помимо сопоставления механических свойств материалов приходится также делать расчеты на условия эксплуатации изделий. Без измерений таких простых процессов, как ползучесть, релаксация и восстановление, такую задачу решить

невозможно. Именно поэтому у материаловедческих лабораторий имеются определенные преимущества по отношению к теоретическим разработкам.

В настоящее время широкое разнообразие полимерных текстильных материалов и большой объем накопленного эксперимента доказывают необходимость как разработки новых методов исследования их деформационно-релаксационных свойств, так и создания на этой основе практических методик.

Появление новых полимерных текстильных материалов с различными вязкоупругими свойствами обосновывает поиск новых математических моделей указанных свойств и применение для исследований компьютерных методов обработки экспериментальной информации. Создание новых методов исследования механических свойств полимерных текстильных материалов способствует наиболее достоверному прогнозированию деформационно-релаксационных процессов [7...10].

Для исследования деформационно-релаксационных свойств полимерных текстильных материалов, наряду с традиционными моделями, предлагаются математические модели релаксации (изменение во времени напряжения  $\sigma$ , зависящего от деформации  $\varepsilon$ ) [11...13]:

$$\sigma(\varepsilon, t) = E_0 \varepsilon - \frac{E_0 - E_\infty}{2} \varepsilon \left( 1 + \operatorname{th} \left( \frac{A_\varepsilon}{2} \ln \left( \frac{t}{\tau(\varepsilon)} \right) \right) \right), \quad (1)$$

и ползучести (изменение во времени деформации  $\varepsilon$ , зависящей от напряжения  $\sigma$ ):

$$\varepsilon(\sigma, t) = \frac{\sigma}{E_0} + \frac{E_0 - E_\infty}{2E_0 E_\infty} \sigma \left( 1 + \operatorname{th} \left( \frac{A_\sigma}{2} \ln \left( \frac{t}{\tau(\sigma)} \right) \right) \right), \quad (2)$$

где  $t$  – время;  $E_0$  – модуль упругости;  $E_\infty$  – модуль вязкоупругости;  $\tau(\varepsilon)$  – время релаксации, как функция деформации;  $\tau(\sigma)$  – время запаздывания, как функция напряжения.

Несомненным достоинством моделей (1) и (2) является то, что они содержат минимальное число параметров, имеющих

определенный физический смысл [14...16]:

$$- E_0 = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\sigma(\varepsilon, t)}{\varepsilon} - \text{модуль упругости,}$$

характеризующий квазимгновенное значение релаксирующего модуля

$$E(\varepsilon, t) = \frac{\sigma(\varepsilon, t)}{\varepsilon}, \text{ то есть его значение в}$$

начале процесса релаксации;

$$- E_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\sigma(\varepsilon, t)}{\varepsilon} - \text{модуль вязкоупру-}$$

гости, характеризующий квазиравновесное значение релаксирующего модуля, то есть его значение в конце процесса релаксации;

- структурные параметры  $A_\varepsilon$  и  $A_\sigma$ , характеризующие скорость (интенсивность) процессов релаксации и ползучести;

- время релаксации  $\tau(\varepsilon)$ , характеризующее время прохождения половины процесса релаксации при заданном значении деформации  $\varepsilon$ ;

- время запаздывания  $\tau(\sigma)$ , характеризующее время прохождения половины процесса ползучести при заданном значении напряжения  $\sigma$ .

Другим достоинством предлагаемых моделей релаксации (1) и ползучести (2) является то, что производные  $\frac{\partial \sigma(\varepsilon, t)}{\partial \ln(t/\tau(\varepsilon))}$  и

$$\frac{\partial \sigma(\sigma, t)}{\partial \ln(t/\tau(\sigma))}$$
 рекуррентным образом выра-

жаются через параметры модели, что оптимальным образом сказывается как на упрощении дальнейших аналитических преобразований, так и на повышении точности определения вязкоупругих параметров-характеристик и, как следствие, на повышении достоверности прогнозирования деформационно-релаксационных процессов [17...19]:

$$\frac{\partial \sigma(\varepsilon, t)}{\partial \ln(t/\tau(\varepsilon))} = -(E_0 - E_\infty) \varepsilon A_\varepsilon \varphi(\varepsilon, t) (1 - \varphi(\varepsilon, t)), \quad (3)$$

$$\frac{\partial \varepsilon(\sigma, t)}{\partial \ln(t/\tau(\sigma))} = \frac{E_0 - E_\infty}{E_0 E_\infty} \sigma A_\sigma \varphi(\sigma, t) (1 - \varphi(\sigma, t)), \quad (4)$$

где

$$\varphi(\varepsilon, t) = \frac{1}{2} \left( 1 + \operatorname{th} \left( \frac{A_\varepsilon}{2} \ln \left( \frac{t}{\tau(\varepsilon)} \right) \right) \right) \quad (5)$$

– функция релаксации,

$$\varphi(\sigma, t) = \frac{1}{2} \left( 1 + \operatorname{th} \left( \frac{A_\sigma}{2} \ln \left( \frac{t}{\tau(\sigma)} \right) \right) \right) \quad (6)$$

– функция запаздывания, что упрощает аналитические преобразования.

Математические модели релаксации и ползучести (1), (2) с нормированной функцией в виде гиперболического тангенса (5), (6), кроме вышесказанного, имеют преимущество перед другими известными математическими моделями при прогнозировании быстротекущих деформационно-релаксационных процессов. Данное обстоятельство вытекает из достаточно быстрой сходимости функций (5) и (6) к своим асимптотическим значениям по сравнению с другими известными математическими моделями и подтверждено сравнением расчетного прогнозирования с экспериментальными данными [20...22].

Следует заметить, что выбор аналогов нормированных функций (5), (6) для моделей механических свойств полимерных текстильных материалов осложняется тем, что нельзя априорно отдать предпочтение какой-то из них. Основным критерием для отбора служит эксперимент. Наличие нескольких нормированных функций для моделирования позволяет сделать оптимальный выбор и тем самым повысить надежность прогнозирования.

При прогнозировании деформационно-релаксационных процессов на основе известных интегральных соотношений Больцмана-Вольтерра [23...25] следует учитывать пластическую компоненту деформации  $\varepsilon_{\text{пл}}$  в виде введения в определяющие уравнения вязкоупругости коэффициента обратимости деформации  $\eta$ :

$$\eta = \frac{\varepsilon_{\text{полн}} - \varepsilon_{\text{ост}}}{\varepsilon_{\text{полн}}}, \quad (7)$$

$$\varepsilon_{\text{ост}} = \varepsilon_{\text{полн}} (1 - \eta), \quad (8)$$



где  $\varepsilon_{\text{полн}}$  – значение "полной" деформации, то есть перед снятием нагрузки;  $\varepsilon_{\text{ост}}$  – значение "остаточной" деформации, то есть после снятия нагрузки.

Коэффициент обратимости деформации  $\eta$  определяется экспериментально по деформационно-восстановительному процессу на основе соотношения (8), которое получается из (7).

Учет коэффициента обратимости деформации при прогнозировании процесса

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{E_0} \sigma(t) + \frac{E_0 - E_\infty}{E_0 E_\infty} \frac{A_\sigma}{4} \int_0^t \sigma(t - \theta) \left( 1 - \text{th}^2 \left( \frac{A_\sigma}{2} \ln \frac{\theta}{\tau(\sigma)} \right) \right) \frac{1}{\theta} d\theta. \quad (10)$$

Аналогично учет коэффициента обратимости при прогнозировании процесса релаксации проводится по формуле:

$$\sigma_{\text{прог}} = \eta \sigma(t) + (1 - \eta) E_0 \varepsilon(t), \quad (11)$$

$$\sigma(t) = E_0 \varepsilon(t) - (E_0 - E_\infty) \frac{A_\varepsilon}{4} \int_0^t \varepsilon(t - \theta) \left( 1 - \text{th}^2 \left( \frac{A_\varepsilon}{2} \ln \frac{\theta}{\tau(\varepsilon)} \right) \right) \frac{1}{\theta} d\theta. \quad (12)$$

В качестве сложного режима нагружения рассматривались деформационные процессы, происходящие после квазимгновенного изменения нагрузки. В частности, рассматривались два варианта такого изменения: деформационно-восстановительный процесс с полным разгрузением и деформационно-восстановительный процесс с частичным разгрузением. Расчет указанных процессов проводится по формулам (9), (10).

Аналогично рассматривался сложный режим обратной релаксации, расчет которого проводится по формулам (11), (12).

Точность прогнозирования, как простых (при  $\sigma = \text{const}$  или  $\varepsilon = \text{const}$ ), так и сложных (при  $\sigma \neq \text{const}$  или  $\varepsilon \neq \text{const}$ ) деформационно-релаксационных процессов, зависит не только от надежности определения вязкоупругих характеристик и от выбора соответствующей математической модели релаксации или ползучести, но и от способа вычисления несобственных нелинейно-

ползучести приводит к расчетной формуле для деформации:

$$\varepsilon_{\text{прог}} = (1 - \eta) \varepsilon_{\text{полн}} + \eta \varepsilon(t), \quad (9)$$

где  $\varepsilon_{\text{прог}}$  – прогнозируемое значение деформации;  $\varepsilon(t)$  – значение деформации, вычисленное по формуле:

где  $\sigma_{\text{прог}}$  – прогнозируемое значение напряжения;  $\sigma(t)$  – значение напряжения, вычисленное по формуле:

наследственных интегралов, входящих в формулы (10) и (12), обладающих сингулярной особенностью [26...29].

Предлагается несколько вариантов вычисления указанных несобственных интегралов, отличающихся друг от друга способами разбиения временной шкалы с учетом специфики прогнозируемого процесса и приводящие к оптимизации вычислительного процесса.

Например, учитывается, что при прогнозировании активных (быстропротекающих) процессов, характеризующихся ростом скорости деформирования, целесообразно разбиение временной шкалы по возрастающей геометрической прогрессии – с целью наилучшего учета влияния квазимгновенного фактора деформирования в начале процесса, а при прогнозировании же длительных процессов, характеризующихся снижением скорости деформирования, целесообразно разбиение временной шкалы по убывающей геометрической про-

грессии – с целью наилучшего учета длительных деформационно-релаксационных воздействий.

В рамках предложенной математической модели релаксации (11), (12) предлагаются методики выделения энергетических компонент – упругой и вязкоупруго-пластической составляющих механической работы деформирования.

Выделение вышеуказанных энергетических компонент важно, например, при оценке эксплуатационных свойств материала. Чем большее значение имеет упругая компонента по сравнению с вязкоупруго-пластической, тем материал более износостойкий. И наоборот, материалы с преобладанием вязкоупругопластической энергетической компоненты целесообразно использовать, например, при конструировании ударозащитных конструкций, где важна способность материала гасить вредные ударные воздействия, а сохранение формы материала не столь важно.

Времена релаксации и запаздывания характеризуют времена перехода релаксирующих или запаздывающих частиц из одного устойчивого состояния в другое. Характер таких переходов может быть различным и обусловлен как строением полимера, так и величиной приложенной деформации или нагрузки. В одних случаях он объясняется конформационными переходами внутри макромолекулы полимера, когда меняется ее форма. В других случаях – происходят сдвиги макромолекул друг относительно друга и т.д.

Для построения обоснованной математической модели механических свойств полимерных текстильных материалов полезно иметь представление о спектрах релаксации  $\bar{N}$  и запаздывания  $\bar{Q}$ , то есть о распределениях релаксирующих или запаздывающих частиц по собственным временам релаксации или запаздывания. Форма спектров релаксации и запаздывания для случая математической модели (1), (2) определяется соответственно структурными коэффициентами  $A_\varepsilon$  и  $A_\sigma$  [30...32].

Следует заметить, что в первом приближении спектры времен релаксации  $\bar{N}_1$  и

времен запаздывания  $\bar{Q}_1$  представляют собой производные по логарифмическо-временной шкале от нормированных функций релаксации (5) и запаздывания (6) соответственно, то есть с учетом формул (3), (4), получаем:

$$\bar{N}_1 = A_\varepsilon \varphi_{\text{ст}} (1 - \varphi_{\text{ст}}) \Big|_{t=\bar{\tau}}, \quad (13)$$

$$\bar{Q}_1 = A_\sigma \varphi_{\text{ст}} (1 - \varphi_{\text{ст}}) \Big|_{t=\bar{\tau}}. \quad (14)$$

Имея представление о форме спектров релаксации и запаздывания, можно интегрированием получить соответствующую нормированную функцию – основу математической модели вязкоупругих свойств.

Для последующих приближений спектров релаксации  $\bar{N}_k$  и запаздывания  $\bar{Q}_k$  была получена рекуррентная формула, а в ходе исследования было показано, что приближения спектров достаточно быстро сходятся к своим предельным значениям  $\bar{N}$  и  $\bar{Q}$  соответственно, что характеризует устойчивость выбранной математической модели вязкоупругости на основе гиперболического тангенса.

Показано, что формы спектров времен релаксации и времен запаздывания характеризуются параметрами интенсивности  $A_\varepsilon$  – для процесса релаксации и  $A_\sigma$  – для процесса ползучести.

Разработанные методики носят универсальный характер, они применимы не только для исследования деформационно-релаксационных свойств полимерных текстильных материалов, но и более широкого класса полимеров, например, материалов, применяемых в легкой промышленности и в других отраслях техники.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны методики определения вязкоупругих характеристик и расчетного прогнозирования кратковременных и длительных деформационно-релаксационных процессов полимерных текстильных материалов на основе математической модели с нормированной функцией гиперболичес-

кий тангенс, оптимально учитывающие характер нелинейности процесса.

2. Предлагаются методики расчета упругой и вязкоупругопластической энергетической компоненты механической работы деформирования.

3. Разработаны методики учета необратимого псевдопластического компонента деформации, повышающие надежность прогнозирования сложных режимов деформирования полимерных текстильных материалов.

4. В рамках построенной математической модели деформационно-релаксационных свойств полимерных текстильных материалов на основе гиперболического тангенса разработаны методики определения спектров времен релаксации и запаздывания.

5. Разработанные методики определения вязкоупругих параметров-характеристик и прогнозирования деформационно-релаксационных процессов полимерных текстильных материалов позволяют решать задачи технологической направленности по отбору материалов, обладающих оптимальными характеристиками с точки зрения эксплуатационных свойств.

6. Применение разработанных методик прогнозирования нелинейно-наследственной вязкоупругости к большой группе полимерных текстильных материалов позволяет сделать вывод об универсальности построенной теории и разработанных методик, а также рекомендовать их использование в материаловедческих исследованиях для изучения вязкоупругих свойств широкого круга перспективных полимерных текстильных материалов технического назначения в различных отраслях народного хозяйства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А.Г. Контроль параметров нелинейно-наследственных ядер релаксации и запаздывания синтетических нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С.12...16.

2. Макаров А.Г. Определение аналитической взаимосвязи нормированных ядер релаксации и ползучести в линейной теории вязкоупругости тек-

стильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 2. С. 13...17.

3. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Демидов А.В., Вагнер В.И. Спектральный анализ релаксационных свойств полимерных нитей аморфно-кристаллического строения // Химические волокна. – 2013, № 5. С. 44...47.

4. Головина В.В., Рымкевич П.П., Макаров А.Г., Романова А.А. Прогнозирование деформационных и релаксационных процессов в одноосноориентированных полимерных материалах // Химические волокна. – 2013, № 6. С. 33...40.

5. Rymkevich P.P., Romanova A.A., Golovina V.V., Makarov A.G. The Energy Barriers Model for the Physical Description of the Viscoelasticity of Synthetic Polymers: Application to the Uniaxial Orientational Drawing of Polyamide Films // Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics. – Vol. 52. Is. 12, 2013. P.1829...1847.

6. Makarov A.G., Slutsker G.Y., Drobotun N.V. Creep and fracture kinetics of polymers // Technical Physics. – Vol. 60. № 2, 2015. P. 240...245.

7. Макаров А.Г., Слуцкер Г.Я., Гофман И.В., Васильева В.В. Начальная стадия релаксации напряжения в ориентированных полимерах // Физика твердого тела. – 2015. Т. 58, № 4. С. 814...820.

8. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование деформационных процессов полимерных парашютных строп // Химические волокна. – 2015, № 6. С. 60...67.

9. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Сравнительный анализ деформационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов из них // Химические волокна. – 2015, № 6. С. 68...72.

10. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Разработка методики проведения сравнительного анализа деформационных и релаксационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов на их основе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С.48...58.

11. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А. Моделирование и расчетное прогнозирование релаксационных и деформационных свойств полимерных парашютных строп // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 194...205.

12. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Сравнительный анализ деформационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов из них // Химические волокна. – 2016, № 1. С.37...42.

13. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование деформационных процессов полимерных парашютных строп // Химические волокна. – 2016, № 2. С. 52...58.

14. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А. Прогнозирование деформаци-

онно-релаксационных процессов полиамидных тканей, применяемых для изготовления куполов парашютов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 250...258.

15. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Качественный анализ деформационно-релаксационных свойств арамидных шнуров горноспасательного назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С.309...313.

16. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Математическое моделирование деформационно-релаксационных процессов полимерных материалов в условиях переменной температуры // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 4. С. 287...292.

17. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка методов математического моделирования процессов релаксации и ползучести полимерных нитей на основе их спектральной интерпретации // Химические волокна, – 2017, № 1. С. 69...73.

18. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка критериев достоверности прогнозирования деформационных и релаксационных процессов полимерных материалов // Химические волокна. – 2017, № 2. С. 59...63.

19. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А. Варианты математического моделирования и системного анализа механической релаксации и ползучести полимерных материалов // Химические волокна. – 2017, № 4. С. 46...51.

20. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Моделирование релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов – основа анализа их эксплуатационных свойств // Химические волокна. – 2018, № 2. С.36...39.

21. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Козлов А.А., Шванкин А.М. Компьютерное прогнозирование и качественный анализ полимерных парашютных строп // Химические волокна. – 2018, № 3. С. 94...97.

22. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Козлов А.А., Васильева Е.К. Разработка интегральных критериев оптимальности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов // Химические волокна. – 2018, № 4. С. 54...56.

23. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Егорова М.А., Климова Н.С. Спектральный анализ вязкоупругой ползучести геотекстильных нетканых материалов // Химические волокна. – 2018, № 4. С.117...120.

24. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Козлов А.А. Математическое моделирование и сравнительный анализ деформационно-восстановительных свойств и усадки арамидных текстильных материалов // Химические волокна. 2019, № 5. С.89...92.

25. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Васильева Е.К., Шванкин А.М., Егоров И.М. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование

вязкоупругой ползучести геотекстильных нетканых материалов // Химические волокна. – 2018, № 6. С.3...6.

26. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Климова Н.С. Повышение конкурентоспособности арамидных текстильных материалов на основе математического моделирования и анализа их эксплуатационных свойств // Химические волокна. – 2018, № 6. С. 87...90.

27. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С., Васильева Е.К. Методы математического моделирования и качественного анализа релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 2. С. 251...255.

28. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Козлов А.А., Коновалов А.С. Методы моделирования и сравнительного анализа усадки и деформационно-восстановительных свойств арамидных текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, – 2018, № 3. С.253...257.

29. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Шванкин А.М., Егорова М.А., Абрамова И.В. Моделирование и качественный анализ процессов ползучести геотекстильных нетканых материалов - основа повышения их конкурентоспособности // Химические волокна. – 2019, № 5. С. 68...70.

30. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Шванкин А.М., Егорова М.А., Коробовцева А.А. Прогнозирование ползучести, деформационных и восстановительных процессов геотекстильных нетканых материалов // Химические волокна. – 2019, №5. С.71...73.

31. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Спектральный анализ вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен и его применение для оценки их функциональности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 2. С. 192...198.

32. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Повышение конкурентоспособности полимерных текстильных материалов на основе применения интегральных критериев достоверности математического моделирования вязкоупругости на стадии их проектирования и организации производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 3. С.242...247.

## REFERENCES

1. Makarov A.G. Kontrol' parametrov nelineynonasledstvennykh yader relaksatsii i zapazyvaniya sinteticheskikh nitey // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2000, № 2. S.12...16.

2. Makarov A.G. Opredelenie analiticheskoy vzaimosvyazi normirovannykh yader relaksatsii i polzuchesti v lineynoy teorii vyazkouprugosti tekstil'nykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh

Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2002, № 2. S. 13...17.

3. Makarov A.G., Pereborova N.V., Demidov A.V., Vagner V.I. Spektral'nyy analiz relaksatsionnykh svoystv polimernykh nitey amorfno-kristallicheskogo stroeniya // Khimicheskie volokna. – 2013, № 5. S.44...47.

4. Golovina V.V., Rymkevich P.P., Makarov A.G., Romanova A.A. Prognozirovaniye deformatsionnykh i relaksatsionnykh protsessov v odnoosnoorientirovannykh polimernykh materialakh // Khimicheskie volokna. – 2013, № 6. S. 33...40.

5. Rymkevich P.P., Romanova A.A., Golovina V.V., Makarov A.G. The Energy Barriers Model for the Physical Description of the Viscoelasticity of Synthetic Polymers: Application to the Uniaxial Orientational Drawing of Polyamide Films // Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics. – Vol. 52. Is. 12, 2013. P.1829...1847.

6. Makarov A.G., Slutsker G.Y., Drobotun N.V. Creep and fracture kinetics of polymers // Technical Physics. – Vol. 60. № 2, 2015. P. 240...245.

7. Makarov A.G., Slutsker G.Ya., Gofman I.V., Vasil'eva V.V. Nachal'naya stadiya relaksatsii napryazheniya v orientirovannykh polimerakh // Fizika tverdogo tela. – 2015. T. 58, № 4. S. 814...820.

8. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A. Matematicheskoe modelirovaniye i komp'yuternoe prognozirovaniye deformatsionnykh protsessov polimernykh parashyutnykh strop // Khimicheskie volokna. – 2015, № 6. S. 60...67.

9. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Vasil'eva E.K. Sravnitel'nyy analiz deformatsionnykh svoystv aramidnykh nitey i tekstil'nykh materialov iz nikh // Khimicheskie volokna. – 2015, № 6. S. 68...72.

10. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Vasil'eva E.K. Razrabotka metodiki provedeniya sravnitel'nogo analiza deformatsionnykh i relaksatsionnykh svoystv aramidnykh nitey i tekstil'nykh materialov na ikh osnove // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 5. S. 48...58.

11. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A. Modelirovaniye i raschetnoye prognozirovaniye relaksatsionnykh i deformatsionnykh svoystv polimernykh parashyutnykh strop // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 6. S. 194...205.

12. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Vasil'eva E.K. Sravnitel'nyy analiz deformatsionnykh svoystv aramidnykh nitey i tekstil'nykh materialov iz nikh // Khimicheskie volokna. – 2016, № 1. S.37...42.

13. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A. Matematicheskoe modelirovaniye i komp'yuternoe prognozirovaniye deformatsionnykh protsessov polimernykh parashyutnykh strop // Khimicheskie volokna. – 2016, № 2. S. 52...58.

14. Demidov A.V., Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A. Prognozirovaniye deformatsionno-relaksatsionnykh protsessov poliamidnykh tkaney, primenyaemykh dlya izgotovleniya kupolov parashyutov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii,

Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 1. S. 250...258.

15. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Kachestvennyy analiz deformatsionno-relaksatsionnykh svoystv aramidnykh shnurov gornospasatel'nogo naznacheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 2. S. 309...313.

16. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Matematicheskoe modelirovaniye deformatsionno-relaksatsionnykh protsessov polimernykh materialov v usloviyakh peremennoy temperatury // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 4. S. 287...292.

17. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Razrabotka metodov matematicheskogo modelirovaniya protsessov relaksatsii i polzuchesti polimernykh nitey na osnove ikh spektral'noy interpretatsii // Khimicheskie volokna, – 2017, № 1. S. 69...73.

18. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Razrabotka kriteriev dostovernosti prognozirovaniya deformatsionnykh i relaksatsionnykh protsessov polimernykh materialov // Khimicheskie volokna. – 2017, № 2. S. 59...63.

19. Demidov A.V., Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A. Varianty matematicheskogo modelirovaniya i sistemnogo analiza mekhanicheskoy relaksatsii i polzuchesti polimernykh materialov // Khimicheskie volokna. – 2017, № 4. S. 46...51.

20. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Modelirovaniye relaksatsionno-deformatsionnykh protsessov aramidnykh tekstil'nykh materialov – osnova analiza ikh ekspluatatsionnykh svoystv // Khimicheskie volokna. – 2018, № 2. S.36...39.

21. Makarov A.G., Pereborova N.V., Kozlov A.A., Shvankin A.M. Komp'yuternoe prognozirovaniye i kachestvennyy analiz polimernykh parashyutnykh strop // Khimicheskie volokna. – 2018, № 3. S. 94...97.

22. Pereborova N.V., Makarov A.G., Kozlov A.A., Vasil'eva E.K. Razrabotka integral'nykh kriteriev optimal'nosti matematicheskogo modelirovaniya relaksatsionno-vosstanovitel'nykh protsessov polimernykh tekstil'nykh materialov // Khimicheskie volokna. – 2018, № 4. S. 54...56.

23. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Egorova M.A., Klimova N.S. Spektral'nyy analiz vyazkoupругoy polzuchesti geotekstil'nykh netkanykh materialov // Khimicheskie volokna. – 2018, № 4. S.117...120.

24. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Kozlov A.A. Matematicheskoe modelirovaniye i sravnitel'nyy analiz deformatsionno-vosstanovitel'nykh svoystv i usadki aramidnykh tekstil'nykh materialov // Khimicheskie volokna. 2019, № 5. S. 89...92.

25. Pereborova N.V., Makarov A.G., Vasil'eva E.K., Shvankin A.M., Egorov I.M. Matematicheskoe modelirovaniye i komp'yuternoe prognozirovaniye vyazkoupругoy polzuchesti geotekstil'nykh netkanykh materialov // Khimicheskie volokna. – 2018, № 6. S. 3...6.

26. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Klimova N.S. Povyshenie konkurentosposobnosti aramidnykh tekstil'nykh materialov na osnove matematicheskogo modelirovaniya i analiza ikh eks-pluatatsionnykh svoystv // *Khimicheskie volokna.* – 2018, № 6. S. 87...90.

27. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S., Vasil'eva E.K. Metody matematicheskogo modelirovaniya i kachestvennogo analiza relaksatsionno-deformatsionnykh protsessov aramidnykh tekstil'nykh materialov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2018, № 2. S.251...255.

28. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Kozlov A.A., Konovalov A.S. Metody modelirovaniya i sravnitel'nogo analiza usadki i deformatsionno-vosstanovitel'nykh svoystv aramidnykh tekstil'nykh materialov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2018, № 3. S. 253...257.

29. Pereborova N.V., Makarov A.G., Shvankin A.M., Egorova M.A., Abramova I.V. Modelirovanie i kachestvennyy analiz protsessov polzuchesti geotekstil'nykh netkanykh materialov - osnova povysheniya ikh konkurentosposobnosti // *Khimicheskie volokna.* – 2019, № 5. S. 68...70.

30. Pereborova N.V., Makarov A.G., Shvankin A.M., Egorova M.A., Korobovtseva A.A. Prognozirovanie polzuchesti, deformatsionnykh i vosstanovitel'nykh protsessov geotekstil'nykh netkanykh materialov // *Khimicheskie volokna.* – 2019, №5. S.71...73.

31. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Spektral'nyy analiz vyazko-uprugosti geotekstil'nykh netkanykh poloten i ego primeneniye dlya otsenki ikh funktsional'nosti // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2019, № 2. S. 192...198.

32. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Povyshenie konkurentosposobnosti polimernykh tekstil'nykh materialov na osnove primeneniya integral'nykh kriteriev dostovernosti matematicheskogo modelirovaniya vyazko-uprugosti na stadii ikh proektirovaniya i organizatsii proizvodstva // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2019, № 3. S.242...247.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации. Поступила 17.03.21.

УДК 677.024.1  
DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_195

**МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА  
СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
НА ОСНОВЕ 3D-ТКАНЫХ СТРУКТУР  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОКСЕЛЬНОГО ПОДХОДА**

**METHODOLOGY FOR CALCULATING  
THE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS  
BASED ON 3D-WOVEN TEXTURES  
USING THE VOXEL APPROACH**

*А.Б. БАЛАШОВ*

*A.B. BALASHOV*

(ООО НПО "Программируемые Композиты", г. Кострома, РФ)

(ООО NPO "Programmable Composites" LLC, Kostroma, Russia)

E-mail: balashovandrej@yandex.ru

*В статье сделан краткий обзор методов решения задач прогнозирования анизотропных свойств композиционных материалов. Разработан новый подход к прогнозированию свойств композиционных материалов на уровне одиночного тканого переплетения основной и уточной нитей – вокселя. Описаны преимущества предлагаемого подхода. В основе подхода учет изменения свойств композиционного материала от направления пространственной ориентации армирующей нити. Для практической реализации разработанного подхода прогнозирования свойств композиционных материалов на основе 3D-тканых структур использовано ПО "Преформа". Предложена методология расчета композиционных деталей в САЕ-системах на основе разработанного подхода определения свойств материала с формированием конечно-элементной модели для заданной детали идентичной по геометрии воксельной модели преформы. Для расчета свойств композиционного материала в вокселях применен метод многомасштабной гомогенизации. Разработано соответствующее программное обеспечение для создания цифрового двойника детали в программном обеспечении LS-Dyna. Приведены результаты моделирования.*

*The article provides a brief overview of methods for solving problems of predicting the composite materials anisotropic properties. A new approach has been developed to predict the properties of composite materials at the level of a single woven weave of the main and weft threads – voxel. The advantages of the proposed approach are described. The approach is based on taking into account changes in the properties of the composite material from the direction of the spatial orientation of*

*the reinforcing thread. For the practical implementation of the developed approach to predicting the properties of composite materials based on 3D-woven structures, the Preform software was used. A methodology for calculating composite parts in CAE systems is proposed based on the developed approach for determining material properties with the formation of a finite element model for a given part of a preform voxel model identical in geometry. To calculate the properties of the composite material in voxels, the method of multiscale homogenization is used. The corresponding software has been developed to create a digital double of the part in the LS-Dyna software. The simulation results are presented.*

**Ключевые слова:** свойства композиционных материалов, 3D-ткачество, математическое моделирование, метод конечных элементов, гомогенизация, программирование.

**Keywords:** properties of composite materials, 3D-weaving, mathematical modeling, finite element method, homogenization, programming.

К наиболее важным и трудным теоретическим проблемам в области композиционных материалов на текстильной основе относятся моделирование сложных и разнообразных структур переплетений нитей, моделирование прогрессирующих повреждений и отказов, прогноз конечных напряжений и деформаций. Для решения задач определения напряженно-деформированного состояния заданной композитной детали необходимо знание свойств ее структурных составляющих. Получение полного набора предельных характеристик разрушения для каждого текстильного композита само по себе является большой проблемой. Сегодня наиболее изученными данные вопросы являются для однонаправленных (UD) композиционных материалов и ламинатов на основе соединения в общий пакет однослойных армирующих текстильных структур с дальнейшей их пропиткой связующим [1...6]. Композиционные материалы на основе 3D-текстильных структур отличаются особой сложностью в моделировании их геометрической структуры и прогнозирования их свойств в связи с реальной трехмерностью исследуемого объекта и практически неограниченным многообразием вариантов построения текстильных структур для обеспечения заданных свойств. Это можно сделать либо экспериментальным способом, путем проведения механических испытаний, как это описано в работе [7], либо с помощью кодов

прогнозного анализа [8...10]. Для прогнозирования упругих свойств и анализа напряжений и деформаций различных типов текстильных композитов доступно множество моделей и вычислительных инструментов [11...14]. Эти методы варьируются от относительно простых аналитически и недорогих в вычислительном отношении методов, хотя и ограниченных в их точности из-за чрезмерно упрощенного представления геометрии волокна и механистической гипотезы, до специализированного трехмерного вариационного анализа и инструментов метода конечных элементов. Возможно, рациональным подходом при выборе метода для решения задач прогнозирования свойств композиционных материалов является оптимальное сочетание и теоретических и экспериментальных методов с применением приближенных методов на стадии проектирования структуры армирующей основы композита, а затем вычисление свойств композита более точными методами. Сложность задач прогнозирования свойств композиционных материалов связана с их существенной анизотропией. Анизотропия свойств на примере углепластика приведена в табл. 1 [15], которая показывает определяющую роль направления ориентации армирующих нитей на его свойства в различных направлениях при различных видах напряженно-деформированного состояния.



Наименование показателя	Единица измерения	Направление нагрузки	Значение показателя
Прочность при растяжении	МПа	Вдоль волокон	1500
		Поперек волокон	32
Прочность при сжатии	МПа	Вдоль волокон	1200
		Поперек волокон	140
Модуль упругости при растяжении	ГПа	Вдоль волокон	140
		Поперек волокон	9

Учитывая данный факт, можно сказать, что прочностные свойства армирующей структуры будут закладываться на уровне переплетений нитей основы и утка, которые меняют свою ориентацию по своей длине в детали в зависимости от видов тканых переплетений. Для разработки новой методологии с точки зрения детального описания тканой структуры целлотканой преформы лучше всего подходит программное обеспечение "Преформа" [16],

[17] с воксельным подходом к описанию тканой структуры. Преимущество данного подхода заключается в описании тканой структуры, с одной стороны, для всей заданной детали, а с другой стороны, с детализацией ее до уровня одиночного переплетения уточной и основной нити (рис. 1: а) воксельное представление тканой структуры [16]; б) примеры тканых переплетений в вокселе в ПО "Преформа") [16]).

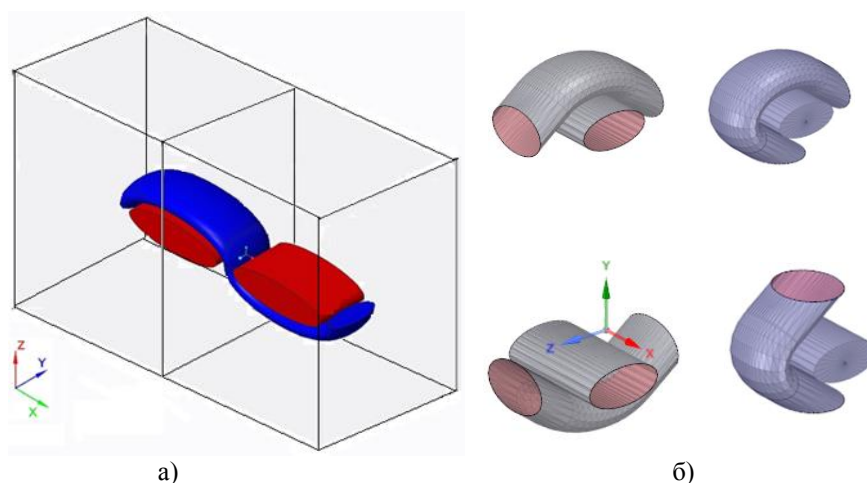


Рис. 1

Применение воксельного подхода для прогнозирования свойств композиционных материалов является более перспективным, чем традиционный подход с использованием метода гомогенизации для "представительского объема" материала по следующим причинам.

1. Он является более универсальным по отношению к подходу выделения "представительского объема" материала. "Представительский объем" не может быть далее детализирован обычными программными

средствами, в то время как на основе воксельной модели структуры ткани он может быть собран из отдельных вокселей.

2. Точное выделение в сложной структуре преформы для детали только регулярными ткаными структурами невозможно в связи со сложным объемным профилем детали. Это приводит к появлению части одиночных вокселей, не связанных с регулярной структурой, но присутствующих в структуре детали с неопределенными свойствами. При использовании воксельного

подхода описание свойств всех тканых переплетений происходит на 100% по объему преформы для заданной детали.

3. Размер вокселя существенно меньше размера "представительского объема" и тогда можно ожидать меньшего порядка разрешающей системы уравнений, а следовательно, и более быстрого решения задачи. Конечно, оригинальных вокселей в реальной модели будет больше, чем различных "представительских объемов" материала, но с точки зрения вычислительных затрат существенно быстрее решать множество задач с низким порядком системы уравне-

ний, чем малое количество систем уравнений с высоким порядком, особенно для динамических задач. Поэтому можно ожидать ускорения решения задачи с применением воксельного подхода.

4. Возможность учета свойств вокселей, описывающих классическую кромку на границах детали. Применение подхода с применением "представительского объема" в данном случае невозможно.

Представление 3D-раппорта в виде совокупности оригинальных вокселей представлено на рис. 2.

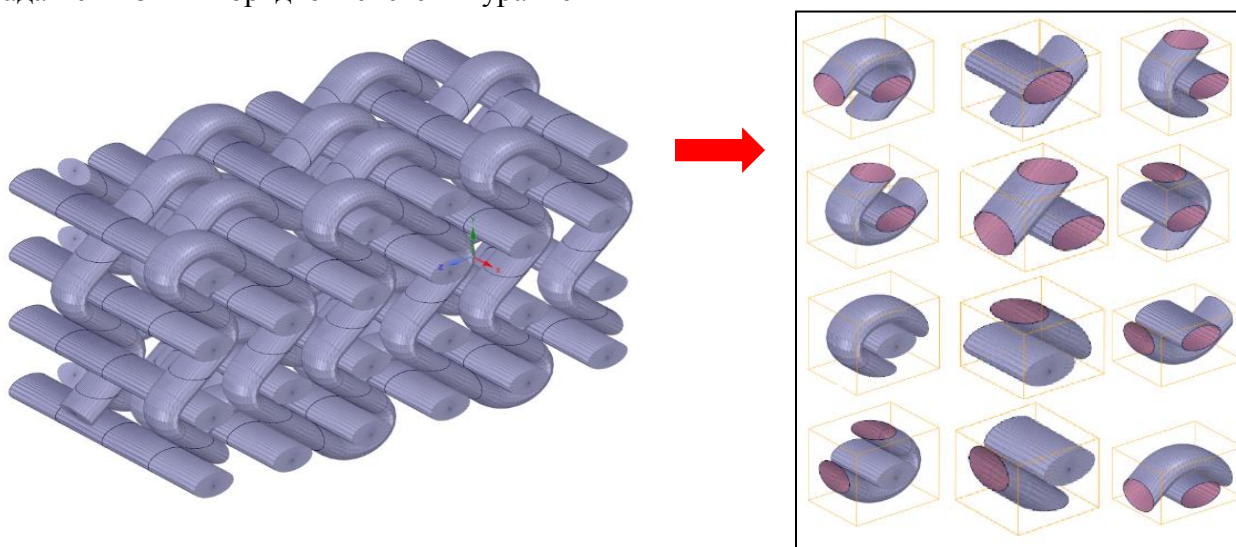


Рис. 2

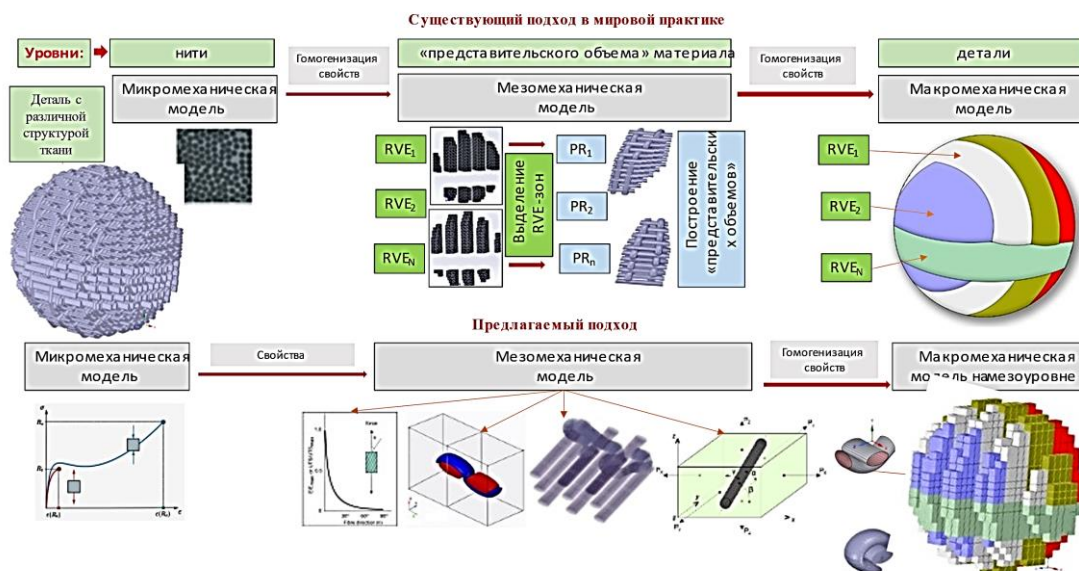


Рис. 3

Для решения задачи прогнозирования свойств композиционного материала в вокселе возможны два подхода – упрощенный с применением правила смеси через объемное соотношение армирующего материала и материала связующего и более точный – прямое применение метода конечных элементов. Тогда общую методологию предлагаемого подхода к прогнозированию свойств композиционных материалов можно изобразить схемой на рис. 3. На ней же показано отличие предлагаемой методологии от существующей традиционной в мировой практике.

Безусловно, при определении свойств армирующих нитей необходимо учитывать пространственную ориентацию нитей в вокселе. При этом, даже в одном вокселе,

можно наблюдать очень большие изменения ориентации нитей основы, а потенциально и утка в пространстве, что не может не сказаться на свойствах нитей в вокселе. Можно вычислить точку входа и выхода нитей основы и утка в воксель, но это даст большую погрешность в решении задачи, поскольку внутри вокселя ориентация может существенно меняться. Для более точного учета изменения свойств нитей в зависимости от ориентации нитей в пространстве применим мозаичный подход, изложенный в [18]. Сущность данного метода схематично изображена на рис. 4 (мозаичный подход к прогнозированию свойств композиционного материала с учетом ориентации нитей в пространстве).

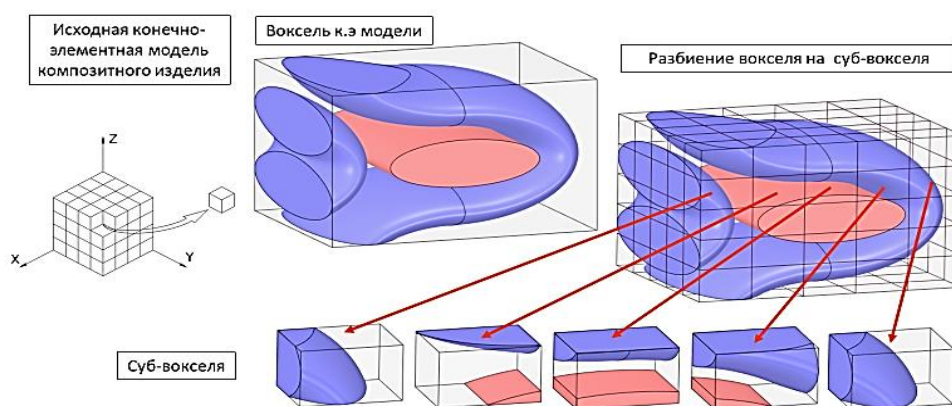


Рис. 4

Согласно данному подходу воксель делится на  $N$  субвокселей, количество которых будет зависеть от шага разбиения вокселя по координатным осям  $XYZ$ . В пределах субвокселя можно считать отрезок нити прямым и определить углы по отношению к координатным осям. Шагом разбиения вокселя на субвоксели можно управлять качеством представления описания траектории центральной линии нитей. Чем на большее число субвокселей будет разбит воксель, тем точнее будет описана траектория нитей, представленная в виде совокупности прямых отрезков, но соответственно увеличится время расчетов. Нахождение оптимальной разбивки вокселя на субвоксели могут показать только вычислительные эксперименты, которые на данном этапе не проводились. В каждом субвокселе можно

определить направление отрезка нити и, в зависимости от значений углов его ориентации в пространстве, присвоить ему свойства нити из экспериментальных или виртуальных испытаний (рис. 5 – учет положения армирующей нити в вокселе или субвокселе для последующего задания свойств материала). Таким образом, можно определить свойства всех субвокселей в вокселе. Зная свойства субвокселей, можно, применяя правила осреднения, определить свойства в вокселе, а определив свойства во всех оригинальных вокселях модели, можно подготовить модель детали для последующих расчетов в САЕ-системах, в которых останется только задать граничные и начальные условия для однозначного решения задачи.

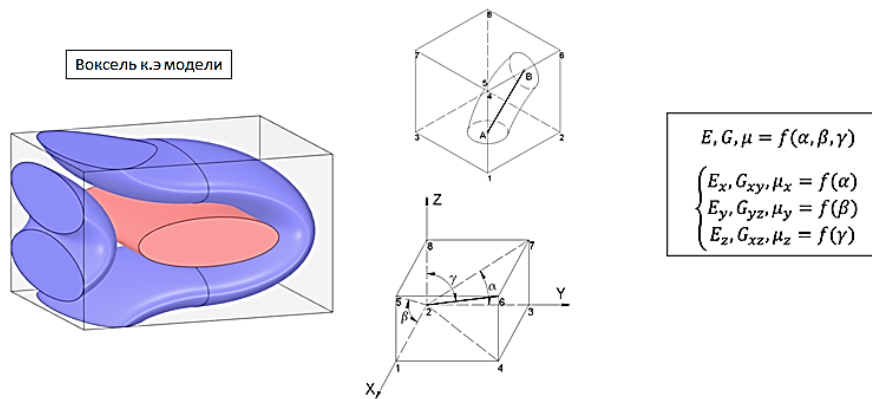


Рис. 5

Конечной целью расчета заданной детали является проверка ее работоспособности, согласно требованиям ТЗ, которая осуществляется в САЕ-системах. При этом для задания начальных и граничных условий решения задачи исходными данными для расчета является геометрическая модель заданной детали и свойства материала, из которого она выполнена. Разработанная геометрическая модель для САЕ-анализа должна быть разбита на конечные элементы, которым должны быть заданы свойства. Поэтому дальнейшей задачей ПО

"Преформа" является перенос геометрической твердотельной модели композитной детали в САЕ-систему с вычисленными, согласно разработанной методологии, свойствами вокселей. Данная задача легко решается с учетом того, что воксель, по своей сути, геометрически является полным аналогом 8-узловой типа конечных элементов, используемых в библиотеках всех распространенных САЕ-систем (рис. 6 – аналогия геометрии вокселя и 8-узловой конечного элемента в САЕ-системах).

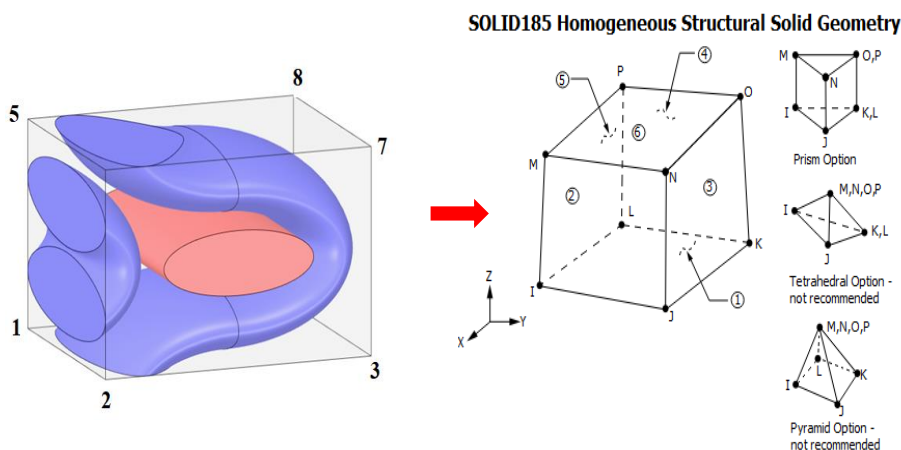


Рис. 6

Поэтому для передачи данных из ПО "Преформа" в САЕ-систему нужно только соблюдение правила обхода узлов конечных элементов, описанных для данной системы. Тогда представляется возможным сформировать автоматическую передачу из ПО "Преформа" полную геометрическую модель композитной детали со всеми свойствами вокселей – конечных элементов и

даже уже разбитую на конечные элементы. Пользователю САЕ-системы останется только лишь задать граничные и начальные условия и выполнить расчет заданной детали. В данной работе полная модель композитной детали выгружается в САЕ-систему Ls-Dyna. Необходимо отметить, что разработанный подход к решению задачи имеет еще существенное преимуще-



ство, заключающееся в том, что в САЕ-систему переносится модель с уже разбитой конечно-элементной сеткой, причем близкой к оптимальной топологии.

Пример реализации разработанной методологии для расчета заданной детали сложной формы приведен на рис. 7. В качестве армирующей основы взята углеродная нить фирмы UMATEX UMT 49-12K-EP, в качестве связующего – эпоксидная смола ЭД 20. Для каждого вокселя на основе известных свойств нити и связующего в зави-

симости от типа тканого переплетения определены свойства конечных элементов, как ортотропного материала. В частности, рассчитаны модули упругости 1 и 2 рода, соответствующие коэффициенты Пуассона и пределы прочности по всем осям координат при деформациях растяжения, сжатия и сдвига. На рис. 7 каждый воксель – конечный элемент модели имеет собственные оригинальные свойства, выделенные в LS-Dуна различными цветами.

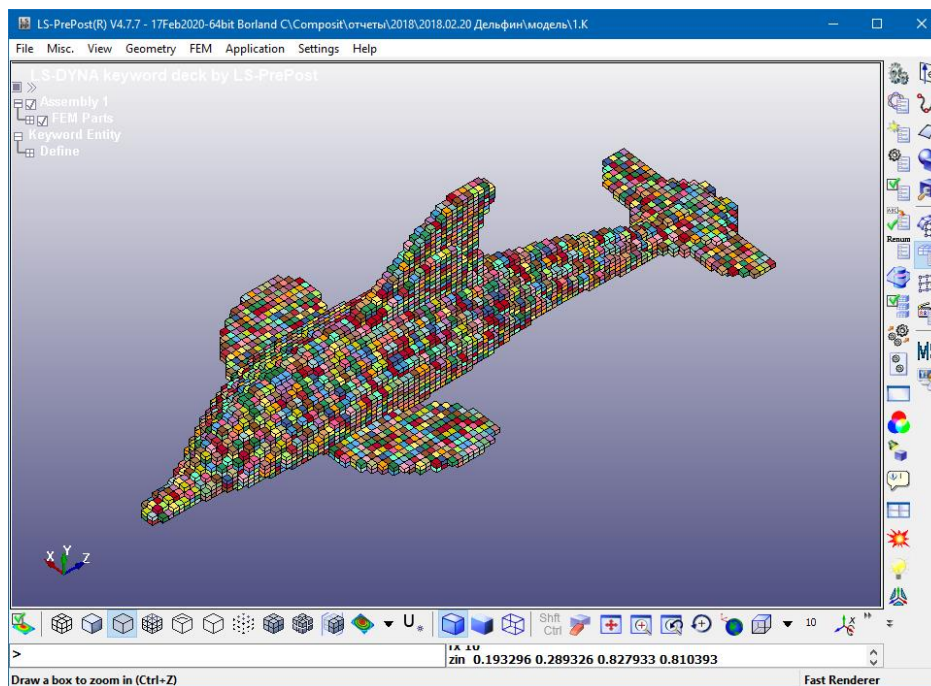


Рис. 7

Определение свойств материала с детализацией до уровня одной тканой ячейки в виде вокселя дает возможность получить высокоточный цифровой двойник заданной детали и позволяет максимально подготовить расчетную модель для получения ее напряженно-деформированного состояния в САЕ-системах.

## ВЫВОДЫ

1. С применением воксельного подхода разработана новая методология прогнозирования свойств композиционных материалов на основе цельнотканых 3D-преформ, позволяющая повысить точность описания анизотропных свойств заданной детали.

2. На основе ПО "Преформа" разработана система формирования цифрового двойника композиционной детали для ее последующего расчета в САЕ-системах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каримов И. Наполнители композиционных материалов [Электронный ресурс]: Режим доступа : <http://www.detalmach.ru/composit1.htm>. (дата обращения 20.05.2021.)
2. Behera B.K., Mishra R. 3-dimensional weaving // Indian journal of fibre & textile research. – №33, 2008. P. 274...287.
3. Fredrik S. 3D-woven reinforcement in composites // KTH school of engineering sciences. – Stockholm, 2012.
4. Mohamed M.H. Bogdanovich A.E. Comparative analysis of different 3D weaving processes, machines and products // Kth school of engineering sciences.

5. *Xin D., Shanghai Y.H.* Geometric analysis of 3D woven structures and determination of fiber volume fractioning [Electronic resource] // College of Textiles, Dong Hua University. - Access mode: <http://www.iccm-central.org/Proceedings/ICCM13proceedings/SITE/PAPERS/Paper-1039.pdf>. (access date 22.05.2021)
6. *Tian W., Zhu C., Shanghai S.W.* Geometric model of three dimensional integrated cellular woven structures // College of Textiles. Dong Hua University. P.23...27.
7. *Барышев А.Н.* Разработка экспериментально-теоретического метода анализа деформационных и прочностных характеристик высокотемпературных композиционных материалов: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2019.
8. *Скворцов Ю.В.* Механика композиционных материалов. – Самара, 2013.
9. *Максименко В.Н., Олегин И.П., Пустовой Н.В.* Методы расчета на прочность и жесткость элементов конструкций из композитов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015.
10. *Дударьков Ю.И., Левченко Е.А., Лимонин М.В.* Применение MSC Nastan для исследований краевых эффектов в слоистых композитах [Мультимедиа] // XVII Российская конференция пользователей систем инженерного анализа MSC SOFTWARE. Форум MSC 2014. – 2014.
11. *Bogdanovich A.E.* Multi-scale modeling, stress and failure analyses of 3-D woven composites // Journal of materials science. – Vol. 41. № 20, 2006. P.6547...6590.
12. *Bogdanovich A.E.* Multiscale predictive analysis of 3-d woven composites // 35th international sampe technical conference papers on CD-ROM. - Dayton. – 2003.
13. *Lomov S.V., Ivanov D.S., Verpoest I.* Meso-FE Modelling of Textile Composites: Road Map, Data Flow and Algorithms // Composites science and technology. – Vol. 67, 2007. P. 1870...1891.
14. *Bogdanovich A.E.* Computational Modeling and Analysis of Textile Composites / A.E. Bogdanovich // Accomplishments and Challenges, SAMPE'08 Conference Papers on CD-ROM. – Long Beach, CA, May 18-22, 2008.
15. *Комарова Т.В.* Получение углеродных материалов. – М.: РХТУ им. Д.И Менделеева, 2001.
16. *Киселев А.М.* Разработка методологии проектирования геометрических структур и прогнозирования свойств текстильных материалов объемного строения: Дис. ... докт. техн. наук. – Казань, 2019.
17. Свидетельство №2018618158 Преформа / А.М. Киселев, М.В. Киселев. - Зарег. В реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности 10.07.2018.
18. *Димитриенко Ю.И., Соколов А.П.* Разработка численного метода расчета эффективных упругих характеристик композиционных материалов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008, №2. С. 56...67.
1. *Karimov I.* Napolniteli kompozitsionnykh materialov [Elektronnyy resurs]: Rezhim dostupa: <http://www.detalmach.ru/composit1.htm>. (data obrashcheniya 20.05.2021.)
2. *Behera V.K., Mishra R.* 3-dimensional weaving // Indian journal of fibre & textile research. – №33, 2008. P. 274...287.
3. *Fredrik S.* 3D-woven reinforcement in composites // KTH school of engineering sciences. – Stockholm, 2012.
4. *Mohamed M.H. Bogdanovich A.E.* Comparative analysis of different 3D weaving processes, machines and products // Kth school of engineering sciences.
5. *Xin D., Shanghai Y.H.* Geometric analysis of 3D-woven structures and determination of fiber volume fractioning [Electronic resource] // College of Textiles, Dong Hua University. - Access mode: <http://www.iccm-central.org/Proceedings/ICCM13proceedings/SITE/PAPERS/Paper-1039.pdf>. (access date 22.05.2021)
6. *Tian W., Zhu C., Shanghai S.W.* Geometric model of three dimensional integrated cellular woven structures // College of Textiles. Dong Hua University. P. 23...27.
7. *Baryshev A.N.* Razrabotka eksperimental'no-teoreticheskogo metoda analiza deformatsionnykh i prochnostnykh kharakteristik vysokotemperaturnykh kompozitsionnykh materialov: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – М., 2019.
8. *Skvortsov Yu.V.* Mekhanika kompozitsionnykh materialov. – Samara, 2013.
9. *Maksimenko V.N., Olegin I.P., Pustovoy N.V.* Metody rascheta na prochnost' i zhestkost' elementov konstruktsiy iz kompozitov. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2015.
10. *Dudar'kov Yu.I., Levchenko E.A., Limonin M.V.* Primenenie MSC Nastan dlya issledovaniy kraevykh effektov v sloistykh kompozitakh [Mul'timedia] // XVII Rossiyskaya konferentsiya pol'zovateley sistem inzhernogo analiza MSC SOFT-WARE. Forum MSC 2014. – 2014.
11. *Bogdanovich A.E.* Multi-scale modeling, stress and failure analyses of 3-D woven composites // Journal of materials science. – Vol. 41. № 20, 2006. P.6547...6590.
12. *Bogdanovich A.E.* Multiscale predictive analysis of 3-d woven composites // 35th international sampe technical conference papers on CD-ROM. - Dayton. – 2003.
13. *Lomov S.V., Ivanov D.S., Verpoest I.* Meso-FE Modelling of Textile Composites: Road Map, Data Flow and Algorithms // Composites science and technology. – Vol. 67, 2007. P. 1870...1891.
14. *Bogdanovich A.E.* Computational Modeling and Analysis of Textile Composites / A.E. Bogdanovich // Accomplishments and Challenges, SAMPE'08 Conference Papers on CD-ROM. – Long Beach, CA, May 18-22, 2008.
15. *Komarova T.V.* Poluchenie uglerodnykh materialov. – М.: RKhtTU im. D.I Mendeleeva, 2001.

16. Kiselev A.M. Razrabotka metodologii proektirovaniya geometricheskikh struktur i prognozirovaniya svoystv tekstil'nykh materialov ob"emnogo stroeniya: Dis. ... dokt. tekhn. nauk. – Kazan', 2019.

17. Svidetel'stvo №2018618158 Preforma / A.M. Kiselev, M.V. Kiselev. - Zareg. V reestre programm dlya EVM Federal'noy sluzhby po intellektual'noy sobstvennosti 10.07.2018.

18. Dimitrienko Yu.I., Sokolov A.P. Razrabotka chislennogo metoda rascheta effektivnykh uprugikh kharakteristik kompozitsionnykh materialov // Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. – M.: MGTU im. N. E. Baumana, 2008, №2. S. 56...67.

Рекомендована заседанием научно-технического совета. Поступила 16.08.21.

---

УДК 338.45

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_204

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RFID-ТЕХНОЛОГИИ**

**OPTIMIZATION OF TEXTILE ENTERPRISE'S PRODUCTION  
USING RFID TECHNOLOGY**

*К.С. КОЖИНА, Т.Ю. КУДРЯВЦЕВА*

*K.S. KOZHINA, T.YU. KUDRYAVTSEVA*

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

E-mail: kozhina\_ks@spbstu.ru; kudryavtseva\_tyu@spbstu.ru

*В мировой практике на промышленных предприятиях активно реализуют бережливое производство и цифровые технологии, но в России пока им уделяют мало внимания. С помощью цифровых технологий (RFID-технология) можно измерить, сократить или устранить временные потери. Внедрение такой технологии в технологический процесс компании приведет к изменению двух типов затрат: сокращение трудозатрат на изготовление единицы изделия, что высвобождает время производственного персонала на изготовление дополнительных единиц изделий, и росту материальных затрат. Целью работы является анализ влияния использования инструментов бережливого производства на деятельность компании. В качестве метода исследования был использован анализ сокращения временных потерь за счет агрегирования информации о трудоемкости операций технологического процесса по персоналу и изделиям, которая позволит обосновать внедрение и результативность применения инструментов бережливого производства. На примере ООО «Спортэго» дана оценка возможного сокращения трудоемкости изготовления сублимационной формы и соответственно прироста дополнительного выпуска продукции за счет дальнейшего внедрения инструментов бережливого производства.*

*In world practice, industrial enterprises are actively implementing lean manufacturing and digital technologies, but in Russia so far little attention is paid to them. With the help of digital technologies (RFID technology), temporary losses can be measured, reduced or eliminated. The introduction of such a technology into the company's technological process will lead to a change in two types of costs: a reduction in labor costs for the manufacture of a product unit, which frees up the time of production personnel for the manufacture of additional product units but leads to*



*an increase of material costs. The aim of the work is to analyze the impact of the use of lean manufacturing tools on the company's activities. As a research method, we used the analysis of reducing time losses by aggregating data on the labor intensity of the technological process operations for personnel and products, which will justify the implementation and effectiveness of the use of lean manufacturing tools. On the example of Sportego, both possible assessment of reduction in the labor intensity of manufacturing a sublimation mold and, accordingly, an increase in additional product output due to the further introduction of lean manufacturing tools are made.*

**Ключевые слова:** легкая промышленность, бережливое производство, цифровизация, цифровые технологии.

**Keywords:** textile industry, lean production, digitalization, digital technology.

Современные условия Индустрии 4.0 диктуют всем отраслям промышленности постоянное совершенствование, и на данный момент времени можно заметить активное внедрение цифровизации практически в каждую отрасль промышленности. Техническая и технологическая отсталость будет решена путем внедрения цифровых технологий, качество и скорость производства продукции легкой промышленности вырастут. Для реализации принципов бережливого производства, принятых в международной практике и на российских предприятиях, можно использовать различные инструменты цифровизации, что позволит обеспечить менеджмент качества на производственных предприятиях [1].

Технология RFID-технология, которая позволит на предприятиях легкой промышленности отследить производственный процесс: как работает производственный персонал и готовность каждой единицы изделия. RFID-технология повлияет на изменение трудовых и материальных затрат. Данная технология позволит компании на основе аккумулированных данных принять решение о возможном сокращении временных потерь за счет инструментов бережливого производства.

В эпоху цифровой экономики часто используют термины digitization, digitalization, digital transformation, но часто происходит смешение их понятий. Понятие digitization, или оцифровка, предполагает кодирование информации в форму, удобную для использования, хранения и пере-

дачи с помощью компьютеров. Термин digitalization, или цифровизация, предполагает использование оцифрованной информации и цифровых технологий для внесения изменений в бизнес-модели. Цифровая трансформация (digital transformation) предполагает полную перестройку бизнеса, которая определена цифровыми технологиями [2].

Также активно используют понятие цифровой фабрики, которая предполагает создание или отладку технологических и производственных цепочек, начиная с этапа исследования, заканчивая созданием прототипа [3].

Одной из цифровых технологий, с помощью которой возможно отладить производственный процесс, является RFID-технология. Данная технология позволит аккумулировать всю информацию о параметрах производства по различным категориям и с помощью инструментов бережливого производства повысить эффективность работы компании.

Концепция бережливого производства, которая предполагает непрерывное совершенствование компании, определяет потери как процессы, не добавляющие ценности для потребителя и относит к ним потери из-за:

- перепроизводства;
- лишних этапов обработки;
- ненужных перемещений;
- лишних запасов;
- ненужных проверок;
- ожидания;

- выпуска дефектной продукции.

Причины появления таких потерь и инструменты бережливого производства, необходимые для их устранения, представлены в работе [4]. К ним относят недостаточно изученный спрос на производимую продукцию, неверную организацию работы, низкую квалификацию сотрудников, несоблюдение стандартов, сбои в производственном процессе.

В работе [5] представлена классификация производственных потерь предприятий легкой промышленности и мероприятия, методы, инструменты бережливого производства.

Потерями научились управлять многие предприятия по производству оборудования, автомобилей, переработке металлов с помощью инструментов бережливого производства. Отечественные предприятия швейной промышленности практически не применяют концепцию бережливого производства, в связи с чем не способны составить конкуренцию зарубежным странам в швейной промышленности [6].

Бережливое производство предполагает такую систему организации производства, которая нацелена на непрерывное совершенствование деятельности организации и достижение конкурентоспособности в долгосрочной перспективе. Выделяют около 20 инструментов бережливого производства: быстрая переналадка [7], поток единичных изделий, система Канбан, стандартизированная работа, точно вовремя, система КРІ, система обслуживания оборудования [8], картирование потока, решение

проблем одна за одной, производственный персонал, непрерывное улучшение [9], планирование производства, управление изменениями [10], построение U-ячеек, система 5S и др.

Внедрение RFID-технологии поможет повысить эффективность реализации принципа ценности бережливого производства. Данная технология автоматически замеряет продолжительность каждой операции, и на основе полученных данных менеджеры компании смогут сократить временные потери за счет внедрения инструментов бережливого производства, таких как поток единичных изделий, канбан, стандартизированная работа [13], точно вовремя [14], производственный анализ [15].

*Цель* исследования – проанализировать результативность цифровизации производства предприятий легкой промышленности на примере ООО "Спортэго" – компании, которая занимается производством спортивной одежды (СПОРТЭГО [Электронный ресурс]: <https://sportego.ru/>).

*Результаты и обсуждение.*

Компания активно реализует бережливое производство и в рамках одного из инструментов (непрерывное улучшение) реализует проект по цифровизации своего технологического процесса путем внедрения технологии RFID (это технология бесконтактного обмена информации между меткой и считывателем). Данная технология предполагает, что на каждое рабочее место крепится RFID-считыватель, а на каждую единицу продукции RFID-метка.

Т а б л и ц а 1

Операция / профессия	Трудоемкость операции, мин/шт.	Ц	В	П
Верстка / Дизайнер-верстальщик	8,0	2,0	2,0	4,0
Печать / Печатник	5,8	2,8	1,0	2,0
Сублимация / Оператор каландра	4,0	2,0	1,0	1,0
Комплектовка / Комплектовщик	2,0	0,0	0,2	1,8
Пошив / Швея	16,0	4,0	4,0	8,0
ВТО / Оператор ВТО	2,0	1,2	0,4	0,4
Упаковка / Упаковщик	2,0	0,4	0,4	1,2
Итого	39,8	12,4	9,0	18,4

Рассмотрим практические результаты, полученные по каждому этапу.

1. Результаты измерения времени технологического процесса по операциям пред-

ставлены в табл. 1 (расчет трудоемкости операций по производству сублимационной формы). Все этапы технологического процесса разделены на три категории [12]:

а) процессы, добавляющие ценность (Ц);

б) вынужденные процессы (В) – потери, которые не создают ценность, но за нее готов платить собственник предприятия. Данные потери необходимо минимизировать;

в) процессы-потери (П), которые не создают ценность. За данные потери собственники не готовы платить, но вынуждены это делать. Данные потери нужно устранять.

Таким образом, трудоемкость изготовления одного комплекта составляет 39,8 мин, время добавления ценности – 12,4 мин,

или 31% от общей трудоемкости изготовления комплекта, вынужденная работа – 9 мин, или 23%, потери – 18,4 мин, или 46%. Основными причинами временных потерь в общей трудоемкости производства изделий стали сбои в производственном процессе, выпуск дефектной продукции и ожидания.

Рассмотрим, как изменится выпуск сублимационной формы от изменения величины сокращения потерь. Результаты расчетов отражены в табл. 2 (изменение трудоемкости операций в связи с изменениями потерь).

Т а б л и ц а 2

Сокращение потерь, %	Трудоемкость операции, мин	Дополнительный выпуск продукции, компл.	Итоговый выпуск продукции, компл.
90	23,2	178	428
80	25,1	146	396
70	26,9	119	369
60	28,8	95	345
50	30,6	75	325
40	32,4	56	306
30	34,3	40	290
20	36,1	25	275
10	38,0	12	262
0	39,8	0	250

Необходимо учесть ограничения производственной мощности предприятия: в потоке производства сублимационной формы имеется ограничитель производительности – каландр, который в сутки может произвести не более 325 комплектов. Соответственно суточный темп производства можно увеличить до 325 комплектов, что означает максимальную возможность сокращения потерь, равную 50%, дополнительный выпуск продукции составит 75 комплектов.

Сокращение временных потерь на 50% можно достигнуть путем использования инструментов бережливого производства. Для мотивации сотрудников повысить выработку и сократить производство бракованной продукции необходимо внедрить систему КРІ. Для рациональной организации производства необходимо использовать инструменты "Канбан" и производственный анализ. Для сокращения потерь в производстве необходимо использовать инструмент "Стандартизированная работа".

В результате применения предложенных выше инструментов и достижения запланированных показателей сокращения потерь трудоемкость производства одного комплекта сублимационной формы сократится с 39,8 до 30,6 ми. Время добавления ценности составит 41% от общей трудоемкости изделия, вынужденные потери – 29%, временные потери – 30% (рис.1).

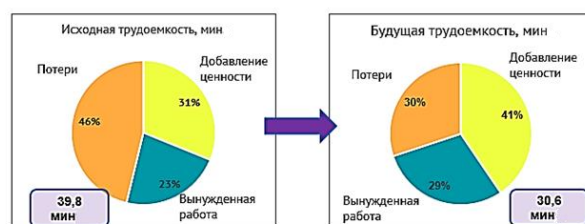


Рис. 1

При сокращении потерь на 50 % суточный объем производства по потоку сублимационной формы составляет 325 комплектов. Таким образом, общий объем производства составит 9750 комплектов в месяц,

что на 2250 комплектов больше, чем при суточном темпе производства 250 комплектов в сутки.

При внедрении технологии RFID-меток на каждую единицу изделий крепится RFID-метка, единица которой стоит 75 руб. Соответственно материальные затраты на комплект из двух изделий увеличатся на

150 руб. При сокращении временных потерь сокращается общая трудоемкость производства продукции, выработка увеличивается, соответственно сокращается доля трудовых затрат в себестоимости изделия (табл. 3 – изменение трудовых и материальных затрат после внедрения RFID-технологии).

Т а б л и ц а 3

Показатели	До внедрения RFID-технологии	После внедрения RFID-технологии
Трудовые затраты (оплата труда в общей себестоимости комплекта), руб.	174	113
Трудовые затраты (доля оплаты труда в общей себестоимости комплекта), %	13	11
Материальные затраты, руб.	393	544

## ВЫВОДЫ

Внедрение RFID-технологии в совокупности с инструментами бережливого производства имеет выгоду для разных стейкхолдеров. Во-первых, снижается трудоемкость изготовления изделия и повышается выработка. Во-вторых, каждый покупатель может отследить свой заказ: на каком этапе производства находится его заказ, какова его готовность и сколько еще необходимо ждать до полной готовности изделий. В-третьих, начальники цехов смогут отследить "узкие места" в производственном процессе, бригадиры – увидеть состояние производства в каждый момент времени и при необходимости перераспределить производственный персонал по различным потокам производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ширкина Е.В. Проблема устойчивого функционирования предприятий швейной промышленности в России //Электронный научный журнал. – 2020. С. 8.
2. Кожина К.С., Кудрявцева Т.Ю. Анализ сущности основных понятий цифровой экономики // Цифровая экономика, умные инновации и технологии. – 2021. С. 84...87.
3. Корнилова Н.Л. и др. Отдельные аспекты PLM-систем для создания цифровых фабрик в швейной промышленности //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №4. С. 103.
4. Вершинина И. В., Алексеева В. П. Устранение потерь на швейном предприятии путем внедрения

бережливого производства //Интерактивная наука. – 2019, № 12 (46).

5. Нуржасарова М. А. и др. Принципы внедрения бережливого производства на швейных предприятиях //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №5. С.187...191.

6. Овчинникова М. В., Мокеева Н. С. Внедрение технологий бережливого производства на швейных предприятиях Российской Федерации //Проблемы и достижения современной науки. – 2016, №. 1. С.122..128.

7. Baptista A., Abreu L., Brito E. Application of lean tools case study in a textile company //Proceedings on Engineering. – V. 3. № 1, 2021. P. 93...102.

8. Prasad M. M. et al. A framework for lean manufacturing implementation in Indian textile industry //Materials Today: Proceedings. – V. 33, 2020. P.2986...2995.

9. Hodge G. L. et al. Adapting lean manufacturing principles to the textile industry //Production Planning & Control. – V. 22. №. 3, 2011. P. 237...247.

10. Ильина Т. А., Маслова О. П. Особенности обучения персонала российских компаний принципам бережливого производства //Вестник Самарского муниципального института управления. – 2020, №1. С. 94...102.

11. Закиров Э. А. Управленческий учет затрат по потокам создания ценности в условиях бережливого производства. – 2014.

12. Клочков Ю.П. "Бережливое производство": понятия, принципы, механизмы //Инженерный вестник Дона. – 2012. Т. 20, № 2.

13. Cespedes-Pino R. et al. LEAN Production Management Model based on Organizational Culture to Improve Cutting Process Efficiency in a Textile and Clothing SME in Peru //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. V. 7.

14. Durand-Sotelo L. et al. Lean production management model under the change management approach to reduce order fulfillment times for Peruvian textile

SMEs //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. Т. 796. – №. 1.

15. Курмангулов А. А. и др. Основные методы и инструменты бережливого производства в здравоохранении //Вестник Ивановской медицинской академии. – 2020. Т. 25, № 2. С. 44...50.

#### REFERENCES

1. Shirkina E.V. Problema ustoychivogo funktsionirovaniya predpriyatiy shveynoy promyshlennosti v Rossii //Elektronnyy nauchnyy zhurnal. – 2020. S. 8.

2. Kozhina K.S., Kudryavtseva T.Yu. Analiz sushchnosti osnovnykh ponyatiy tsifrovoy ekonomiki //Tsifrovaya ekonomika, umnye innovatsii i tekhnologii. – 2021. S. 84...87.

3. Kornilova N.L. i dr. Otdel'nye aspekty PLM-sistem dlya sozdaniya tsifrovyykh fabrik v shveynoy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №4. S. 103.

4. Vershinina I. V., Alekseeva V. P. Ustranenie poter' na shveynom predpriyatii putem vnedreniya berezhlivogo proizvodstva //Interaktivnaya nauka. – 2019, № 12 (46).

5. Nurzhasarova M. A. i dr. Printsipy vnedreniya berezhlivogo proizvodstva na shveynykh predpriyatiyakh // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №5. S.187...191.

6. Ovchinnikova M. V., Mokeeva N. S. Vnedrenie tekhnologiy berezhlivogo proizvodstva na shveynykh predpriyatiyakh Rossiyskoy Federatsii //Problemy i dosizheniya sovremennoy nauki. – 2016, №. 1. S.122...128.

7. Baptista A., Abreu L., Brito E. Application of lean tools case study in a textile company //Proceedings on Engineering. – V. 3. № 1, 2021. P. 93...102.

8. Prasad M. M. et al. A framework for lean manufacturing implementation in Indian textile industry //Materials Today: Proceedings. – V. 33, 2020. P.2986...2995.

9. Hodge G. L. et al. Adapting lean manufacturing principles to the textile industry //Production Planning & Control. – V. 22. №. 3, 2011. P. 237...247.

10. Il'ina T. A., Maslova O. P. Osobennosti obucheniya personala rossiyskikh kompaniy printsipam berezhlivogo proizvodstva //Vestnik Samarskogo munitsipal'nogo instituta upravleniya. – 2020, №1. S.94...102.

11. Zakirov E. A. Upravlencheskiy uchet zatrat po potokam sozdaniya tsennosti v usloviyakh berezhlivogo proizvodstva. – 2014.

12. Klochkov Yu.P. "Berezhlivoe proizvodstvo": ponyatiya, printsipy, mekhanizmy //Inzhenernyy vestnik Dona. – 2012. Т. 20, № 2.

13. Céspedes-Pino R. et al. LEAN Production Management Model based on Organizational Culture to Improve Cutting Process Efficiency in a Textile and Clothing SME in Peru //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. V. 7.

14. Durand-Sotelo L. et al. Lean production management model under the change management approach to reduce order fulfillment times for Peruvian textile SMEs //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. Т. 796. – №. 1.

15. Kurmangulov A. A. i dr. Osnovnye metody i instrumenty berezhlivogo proizvodstva v zdravo-okhraneni //Vestnik Ivanovskoy meditsinskoy akademii. – 2020. Т. 25, № 2. С. 44...50.

Рекомендована заседанием ВИЭШ. Поступила 14.07.21.

УДК 687.157.016

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_210

**НАЦИОНАЛЬНОЕ СВОЕОБРАЗИЕ  
НАРОДНОГО КОСТЮМА ДАГЕСТАНЦЕВ  
(НА ПРИМЕРЕ ЖЕНСКОГО КОСТЮМНОГО КОМПЛЕКСА  
ЛЕЗГИНСКОЙ ГРУППЫ НАРОДОВ)**

**NATIONAL IDENTITY  
OF THE DAGESTI FOLK COSTUME  
(BASED ON THE WOMEN SUIT COMPLEX  
OF THE LESGIN GROUP OF PEOPLES)**

*И.А. ГАДЖИБЕКОВА*

*I.A. HADJIBEKOVA*

(Дагестанский государственный технический университет)

(Dagestan State Technical University)

E-mail: naina.92@mail.ru

*В статье автор акцентирует внимание на дагестанском народном костюме как неиссякаемом источнике творческих поисков для современных модельеров и конструкторов. Автором освещено художественное своеобразие народного костюма дагестанцев на примере женского костюмного комплекса лезгинской группы народов.*

*Приведены особенности композиционно - конструктивного построения женских костюмных комплексов лезгинок, табасаранок, рутулок, цахурок, агулок. Приведена многослойность костюмных комплексов, описаны их цветовое решение и украшения.*

*In the article under review the author focuses on the Dagestani folk costume being an inexhaustible source of modern fashion designers creative searches. The author highlights the artistic originality of the Dagestani folk costume based on the female costume complex of the Lezghin group of peoples.*

*The features of the compositional and constructive construction of female costume, the complexes of lezgins, tabasaranoks, rutulok, tsakhurok, agulok are given. Also the layering of costume complexes is given, their color scheme and decorations are described.*

**Ключевые слова:** костюмный комплекс, лезгинская группа народов, цветовое решение, головной убор, обувь, многослойность.

**Keywords: costume complex, lezghin group of peoples, color scheme, head-dress, shoes, layering.**

Традиционная культура Дагестана всегда характеризовалась внимательным отношением к произведениям народного искусства и обращением к его богатым традициям. Черты национального своеобразия, мастерство вышивки, кружевоплетения и другие виды прикладного искусства органично воплощены в украшения народного костюма. Народный костюм – это бесценное неотъемлемое достояние культуры народа, наполненное могучей животворной силой. Его наиболее типичные черты: крой, приемы декора, способ ношения.

Поскольку народное искусство во всем многообразии форм его бытия есть живой интеграционный процесс, то очевидно, что его адекватное отражение выдвигает требование объединения усилий соответствующих кафедр и специалистов. Курс дизайна Дагестанского государственного технического университета в качестве приоритетного направления выбрал решение задач по популяризации, сохранению, реконструкции и творческой деформации компонентов дагестанского народного костюма.

Линии кроя, приемы декора дагестанского народного костюма представляют большой научный и практический интерес. Это неиссякаемый источник творческих поисков для современных модельеров и конструкторов. Последние годы одно из модных направлений в женском костюме определил народный стиль. Модельер В. Зайцев, чья творческая индивидуальность получила развитие на основе разностороннего изучения народного костюма, замечает: "Национальный костюм обладает необычайной силой долговечности, помогающей выстоять и блистать в любой обстановке, он подчеркивает в человеке такие качества, как достоинство, элегантность, изысканность" [1].

Народный стиль оживляет стереотипную городскую одежду нарядными островками рукотворных ансамблей, обогащенных вышивкой, тесьмой и плетеным кружевом, подлинными народными украшениями, шальями.

Поэтому так остро ставится преподавательским составом курса дизайна вопрос об изучении истории народного костюма дагестанцев, анализе его композиционно-конструктивного построения в зависимости от региона.

Южный Дагестан населен лезгинской группой народов; это лезгины, табасаранцы, цахуры, агулы, рутульцы. В селах Южного Дагестана народный костюм и его формообразующие элементы (платье - рубаха, кафтанчики, нагрудники, штаны) отличаются по покрою, способом ношения и символичностью цветовой гаммы в связи с тем, что на юго-западе Дагестан граничит с Азербайджаном.

Поэтому костюм народов Южного Дагестана сочетает в себе черты как южного комплекса одежды, так и азербайджанского костюма. В целом костюм народностей лезгинской группы отличается пышностью, наличием многочисленных драпировок и складок, многоцветностью, что и свидетельствует о близости его, в какой-то мере, к костюму азербайджанок. Еще в 20 гг. двадцатого столетия Е.М.Шиллинг писал: "...женский национальный костюм носит следы азербайджанских влияний" [2].

Лезгинская группа народностей предпочитала ткани в основном ярких цветов – красного, желтого, зеленого, голубого, а также белого цветов. Черное обычно носили в период траура, а также глубокие старухи; кроме того, будничная одежда также нередко была темного цвета.

Повседневный лезгинский женский костюм был многослоен. Он состоял из нижнего длинного ситцевого платья покроя рубахи (перем, бегърем) или туникообразного покроя, либо отрезного по линии талии, с широкой юбкой, длинных ситцевых штанов – вахчаг, верхнего распашного платья – валчагъ (из сатина, атласа и т.д.). Голову украшал мешкообразный головной убор – шуткью и большой квадратный платок из шерсти, шелка, кисеи и т. д. Основным видом обуви лезгинок были богато украшенные шерстяные вязаные носки и

чулки (кемечар и шаталар), которые женщины в домашних условиях носили без верхней обуви, подшив для практичности сафьяном, а также кожаные поршни шаламар и калоши калушар. Зимой носили овчинные шубы либо с длинными ложными, либо с обычными рукавами.

Костюм табасаранки был многослоен, но отличался большей материалоемкостью. Рубаха гурт туникообразного покрова из цветных тканей длиной до икр (иногда и до пят) и широкие штаны хчаг шились из 6...6,5 м ткани, чаще яркой, набивной и оторачивались по нижнему краю штанин цветной каймой. Верхнее распашное платье – валжагъ, дон было с отрезным узким лифом, плотно облегающим фигуру, и широкой юбкой, с небольшими откидными (ниже локтя) рукавами, обшитыми серебряными подвесками.

В отличие от лезгинки, табасаранка часто носила передник, сплошь покрытый серебряными монетами и бляхами.

Головной убор состоял из чуткъу в виде мешочка, открытого сверху и снизу, чаще из ярко-красной ткани, но с черной отделкой в налобной и теменной частях, и квадратный платок, сложенный треугольником, который носили поверх чуткъу. Основными видами обуви являлись шерстяные вязаные, узорчатые носки ячнар, кюлтар, кожаные туфли без задников башмаг, калоши и легкие сафьяновые чувяки мачий (для дома).

Рутулки, в отличие от табасаранок, туникообразного покрова рубаху ухун шили из ярких однотонных тканей, штаны вахчаг были узкие, длинное распашное платье архалык, очень схожее с платьем табасаранок, не обшивалось монетами. В некоторых аулах поверх архалыка рутулка носила передник. Теплой зимней одеждой служила длинная нагольная овчинная шуба габачей, узкая в талии и расширяющаяся книзу, с шалевым воротником, с отделкой из черной ткани на рукавах. Головной убор рутулки не отличался от головного убора табасаранок, однако четкой цветовой гаммы не имел [3].

Обувью для женщин всех возрастов служили вязаные орнаментированные шерстя-

ные носки сукайбыр и вязаные шерстяные сапоги гываанбыр, мягкие сафьяновые чувяки чивекбыр, а также покупные башмаки без задника сармузар.

Короткая рубаха гурт туникообразного покрова и узкие длинные штаны бада составляли нательную одежду цахурки. Поверх рубахи цахурка носила широкую длинную юбку тайбалагъ, собранную в талии сборкой или в складки, а также кофту в талию къуфта и передник майзар.

Головной убор – мешковидная чухна тюли, шапочка типа чепца дугмаче из серебряных трубочек и цепочек и квадратный платок.

Теплую зимнюю одежду женщины составляла обычно приталенная нагольная овчинная шуба.

Обувью служили башмаки сармузбы, сафьяновые чулки чустар, а также вязаные сапожки хамсабы.

Праздничная одежда цахурок была очень яркая, с преобладанием красных и оранжевых тонов, а будничным костюм – сдержанных светлых тонов; женщины преклонного возраста пользовались тканями темных цветов.

У агулок нательную одежду составляли туникообразная рубаха и штаны с неширокими штанинами. Поверх рубахи надевали распашной валжагъ такого же покрова, как и у других лезгинских народностей. В начале XX в. под нарядный валжагъ уже поддевали бергъам – приталенное платье с отрезным лифом и пришитой к нему сборками или складками широкой юбкой. В этом случае под откидным рукавом валжагъ виднелся узкий рукав платья. Головной убор агулки состоял из мешкообразной чухты къуч и покрывала белого (у молодых) или черного (у пожилых) цвета.

Повседневная одежда шилась из бязи, ситца или сатина синего, черного, зеленого цветов. В нарядной одежде преобладали ткани ярких расцветок.

Женская овчинная шуба имела трапециевидный покрой, без воротника, с отделкой из кожи по линии горловины.

Обувью служили сшитые из одного куска кожи тапри (тип дирихов), вязаные носки с пришивной кожаной подошвой и



сапожки гивьянар, а также кожаные калоши.

Из всего вышесказанного следует, что к типичным чертам женского костюма лезгинской группы народов можно отнести значительную длину одежды, своеобразное расположение декора, многослойность ансамбля, насыщенный колорит с контрастным сочетанием цветов отдельных частей костюма. Очень нарядный, яркий, праздничный, насыщенный по колориту, он несет иные представления о красоте, рождавшиеся на рубеже веков.

Выполняя реконструкцию женского народного костюма лезгинской группы, в работе с подлинным образцом костюма, мы старались, как можно точнее копировать не только элементы кроя, материал, фурнитуру, но и орнаменты вышивки, богато декорирующие ворот, плечье и подол платья.

Богатый этнографический материал Южного Дагестана служит источником творчества для наших студентов в процессе создания современных коллекций одежды. Костюм дагестанки вдохновляет студентов на создание коллекции, выстроенной на сочетании трикотажа, кожи и меха. Это стало

возможным, поскольку пластические формулы народного творчества не теряют эстетической ценности, создают основу для продолжения художественных традиций, что позволяет запечатлеть в народном костюме процесс развития образного освоения мира.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев В.М. Этот многоликий мир моды. – М.: Советская Россия, 1982.
2. Булатова А.Г., Гаджиева С.Ш., Сергеева Г.А. Одежда народов Дагестана. Историко-этнографический атлас. – Пушино: ОНТИ ПНИ РАН, 2001.
3. Гаджиева С.Ш. Одежда народов Дагестана. – М.: Изд-во "Наука", 1981.

#### REFERENCES

1. Zaytsev V.M. Etot mnogolikiy mir mody. – M.: Sovetskaya Rossiya, 1982.
2. Bulatova A.G., Gadzhieva S.Sh., Sergeeva G.A. Odezhd narodov Dagestana. Istoriko-etnograficheskiy atlas. – Pushchino: ONTI PNY RAN, 2001.
3. Gadzhieva S.Sh. Odezhd narodov Dagestana. – M.: Izd-vo "Nauka", 1981.

Рекомендована кафедрой ТППОПиТ. Поступила 23.06.21.

УДК 338.112

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_4\_213

### "НЕДЕЛЯ ЛЕГПРОМА" КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### "LEGPROM WEEK" AS A TOOL FOR IMPLEMENTING STRATEGIC DEVELOPMENT OF LIGHT INDUSTRY

*S.A. НИКОНОРОВА, О.С. ЧЕЧИНА, А.В. ВАСИЛЬЧИКОВ*

*S.A. NIKONOROVA, O.S. CHECHINA, A.V. VASILCHIKOV*

(Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Самарский государственный технический университет)

(Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs, Samara State Technical University)

E-mail: sveta\_nikonorova@mail.ru; Chechinaos@yandex.ru; vav309@yandex.ru

*В представленной публикации проведен анализ развития легкой промышленности, представлены статистические показатели, отражена деятельность ежегодной недели текстильной и легкой промышленности. В статье*

*рассмотрены основные мероприятия "Недели легпрома", выделены наиболее интересные и актуальные выступления участников тематических секций, конференций, круглых столов, и сформулированы приоритетные направления развития текстильной и легкой промышленности.*

*The article analyzes the development of light industry, presents statistical indicators, and reflects the activities of the annual textile and light industry week. The article describes the main events of the "Light Industry Week", highlights the most interesting and relevant presentations of the participants of the thematic sections, conferences, round tables and formulates the priority directions for the development of textile and light industry.*

**Ключевые слова:** неделя легпрома, легкая и текстильная промышленность, цифровизация, инновации, развитие отрасли.

**Keywords:** light industry week, light and textile industry, digitalization, innovation, industry development.

Стремительное развитие рыночных отношений в условиях постоянной политической и экономической нестабильности вынуждает представителей крупного, малого и среднего бизнеса независимо от видов собственности, от организационно-правовых форм и других характеристик искать дополнительные пути развития компаний. При этом приумножать имеющийся опыт с учетом сложившихся традиций, и развивать и использовать новые формы развития бизнеса. Не являются исключением и представители текстильной и легкой промышленности.

Этот вид экономической деятельности представляет собой ряд производств, выпускающих продукцию массового потребления, например, одежду, обувь и т.д., в российской экономике, наверное, единственная из всех видов производственной деятельности, которая никогда не переживала свое "золотое время". Это вызвано тем, что большую часть своего существования она носила прикладной характер, способствующий более значимым и приоритетным промышленным планам по развитию предприятий оборонного комплекса, а также тяжелой промышленности. Однако предприятия и комбинаты, работающие в этом секторе экономики, обеспечивали население товарами легкой промышленности: тканями, одеждой, обувью и прочими. Конечно, эти товары не всегда соответство-

вали стилю, моде, запросам населения и во многом уступали импортным аналогам, но при этом носили основательный характер. Предприятиям этого звена экономики требовались кардинальные изменения. Переход страны на рыночные основы ускорил процесс переоснащения производственных площадей, переоборудования предприятий, работающих в секторе легкой промышленности. Однако это не привело к резкому росту количественных и качественных показателей, да и у населения по-прежнему большой интерес вызывала продукция импортного производства. Достаточно отметить, что в 1990-е годы объемы производства в легкой промышленности сократились почти до 85% [1].

По итогам кризисных событий 1998 г. почти два года отрасль продолжала увеличивать производственные показатели за счет ввозимых импортных товаров и падения рубля, но в дальнейшем удерживать положительные позиции стало невозможно. Что происходит в настоящее время? По данным официальной статистики предприятия легкой промышленности имеют показатели, представленные в табл. 1...3 (табл. 1 – показатели производства основных видов текстильных изделий [2]; табл. 2 – показатели производства основных видов одежды [2]; табл. 3 – показатели производства основных видов кожи и изделий из кожи [2]).

Таблица 1

Виды изделий	Годы	2016	2017	2018	2019
Ткани - всего, млн. м <sup>2</sup>		5457	6036	5994	5929
в том числе:					
хлопчатобумажные		685	736	828	818
марля, кроме узких тканей		528	474	523	562
шерстяные		9,1	9,8	7,7	7,5
льняные		22,1	24,2	27,7	25,8
шелковые, тыс. м <sup>2</sup>		157	158	124	84,0
ткани из синтетических и искусственных волокон и нитей (включая штапельные)		318	445	460	395
материалы нетканые (кроме ватинов)		3879	4330	4133	4095

Таблица 2

Виды изделий	Годы	2016	2017	2018	2019
Изделия чулочно-носочные					
трикотажные или вязаные, млн. пар		217	215	200	183
в том числе для детей		51,6	54,9	49,0	41,5
Изделия трикотажные или вязаные, млн. шт.		122	142	139	150
Швейные изделия из текстильных материалов кроме трикотажных или вязаных, млн. шт.:					
пальто, полупальто		1,1	1,2	1,3	1,3
куртки		2,0	2,6	2,6	2,7
костюмы и комплекты		4,7	5,1	4,7	4,1
платья женские или для девочек		4,1	4,8	4,2	4,9
брюки, бриджи и шорты		12,3	11,2	11,0	13,1

Таблица 3

Виды изделий	Годы	2016	2017	2018	2019
Замша, млн. дм <sup>2</sup>		306	329	284	257
Кожа из целых шкур крупного рогатого скота без волосяного покрова, млн. дм <sup>2</sup>		1218	1330	1329	1278
Кожа из нецелых шкур крупного рогатого скота без волосяного покрова, млн. дм <sup>2</sup>		562	485	402	405
Чемоданы, сумки дамские и аналогичные изделия из натуральной кожи, сочетаний кожи, листов пластмассы, текстильных материалов, вулканизированных волокон или картона; наборы дорожные, используемые для личной гигиены, шитья или для чистки одежды или обуви, млн. руб.		5512	5583	3748	4047
Обувь, млн. пар		91,4	120	121	112

По представленным выше данным очевидно, что вопросы развития легкой промышленности в первую очередь требуют решения на государственном уровне. Одним из основополагающих нормативно-правовых документов служит "Стратегия развития легкой промышленности на период до 2025". Важно отметить, что сторонники развития легкой промышленности активно принимают участие в реализации данной стратегии. Ярким примером является проведение ежегодной недели текстильной и легкой промышленности, которая успешно прошла 19-22 марта 2019 г. в столичном "Экспоцентре".

Организаторами столь важного мероприятия являются "Российский союз пред-

принимателей текстильной и легкой промышленности (Союзлегпром)" и ЦВК "Экспоцентр" при совместном участии Минпромторга России, Торгово-промышленной палаты, РСПП. В качестве социального партнера данного мероприятия выступила "Messe Франкфурт" (Германия). В настоящее время это одна из приоритетных компаний, которая занимается организацией и претворением выставок, ярмарок и мероприятий подобного формата с привлечением представителей данного вида деятельности из-за рубежа. Мероприятия, встречи, события, семинары недели имели разносторонний характер, что отражено такими показателями, как:

- в течение четырех дней количество

участников недели составило свыше 2000 наиболее опытных специалистов и профессионалов, то есть непосредственных представителей легкой промышленности;

- свыше 150 наиболее сильных специалистов, обладающих высоким уровнем профессиональных компетенций стали участниками тематических дискуссий, а также заседаний в формате круглого стола.

Подводя итоги Недели, необходимо отметить, что количество предпринимателей, заинтересованных в развитии легкой и текстильной промышленности, а также всех производителей, кому небезразлично развитие данной отрасли, составило около 15 000 человек. Интересным представляется также тот факт, что экспозиционная площадь составила порядка 20 тыс. кв. м.

На церемонии открытия недели к ее участникам и гостям обратился от имени вице-преьера РФ Д. Козака статс-секретарь, зам. министра промышленности и торговли России В. Евтухов. Он, в частности, отметил: "...в 2018-м индекс развития текстильного производства составил 103,6%, производства одежды – 104,1% по сравнению с 2017 годом. Такие же тенденции в ряде других секторов отечественного легпрома, причем они наблюдаются с 2015-2016 годов. Это – должная иллюстрация плодотворной совместной работы государства и бизнеса" [13].

Одним из приоритетных направлений государственной программы должно стать увеличение поддержки предприятий, развивающих экспортное направление. "О том, что продукция российских производителей пользуется спросом за рубежом, свидетельствует информация, о том, что имеется положительная динамика в увеличении роста выхода на внешние рынки, а именно экспорт продукции легкой промышленности по результатам предшествующего года в среднем вырос на 4,5% по сравнению с 2017 г., составив приблизительно 1,46 млрд, долл."

Все участники недели отметили, что текстильная и легкая промышленность в России имеет высокий потенциал. Задача всех заинтересованных структур – максимально эффективно осваивать данный по-

тенциал. Не случайно поэтому неподдельную заинтересованность вызывают тезисы, высказанные на пресс-конференции замминистра В. Евтуховым, смысл которых заключается в том, что на уровне Минсельхоз РФ будут разрабатываться программы, направленные на повышение качества сырья для легкой промышленности и в первую очередь по льну, шерсти, кожсырью.

Эти программы будут носить коллегиальный характер и внедряться с учетом развития профильных кластеров (региональных и межрегиональных).

Важно также отметить, что одним из основополагающих моментов будет являться пролонгация запрета на экспорт полуфабрикатов и кожсырья, меры по ограничению экспорта шкур.

Интерес вызывает точка зрения замминистра В. Евтухова на то, что необходимо все страны ЕАЭС привлекать к предотвращению и выявлению сфальсифицированной продукции, используя маркировку изделий отрасли. При этом необходимо параллельно формировать единую систему мониторинга товаропродвижения по всей территории Союза, с подключением к этой системе стран СНГ, относящихся к Зоне свободной торговли Содружества, потому что большая часть сфальсифицированной продукции поступает в РФ именно через страны бывшего СССР.

Было также отмечено, что для развития льняного сегмента, выпуска современной техники целесообразно содружество с партнерами из Белоруссии в связи с тем, что именно там накоплен богатый опыт промышленного возделывания и переработки льна. При этом необходимо использовать эффективные сорта, не только льна-долгунца, но и всех основных форм государственной поддержки льняного сектора, а также удобрения и техники.

Важную роль в развитии легкой промышленности играет качество сырья. Именно эта тема была рассмотрена на первом этапе недели текстильной и легкой промышленности во время проведения конференции "Сырьевой вопрос в отечественной текстильной и легкой промышленности".

В своем выступлении И. Иванова, официальный представитель Департамента развития легкой промышленности и лесопромышленного комплекса Минпромторга РФ (заместитель директора), отметила: "Сырьевая база отрасли в регионе богатая, но требует объединения для более комплексного развития. Самый правильный и своевременный подход заключается в том, что необходимо составлять предполагаемые балансы производства потребления сырья для легкой промышленности по всему ЕАЭС, что должно послужить основой для разработки многосторонних программ по обеспечению сырьевого спроса отрасли.

Участники конференции подчеркнули, что для развития сырьевой базы необходима прямая и косвенная государственная поддержка. С интересным предложением выступила Н. Мурашко, руководитель отдела внешнеэкономических связей "Беллеглапрома": "...проработать российско-белорусскую программу по возделыванию и переработке льна, в которую внести разделы по льносеющей и льноуборочной технике" [3].

Безусловно, это предложение заслуживает внимания со стороны предприятий легкой промышленности, так как климатические условия Белоруссии и современные технологии переработки позволяют обеспечивать качественным сырьем текстильное производство.

В рамках данной статьи полностью отразить результаты деятельности ежегодной Недели текстильной и легкой промышленности не представляется возможным, но два мероприятия необходимо выделить особенно. Это заседание в формате круглого стола "Цифровизация легпрома: новые драйверы развития", которое прошло 20 марта, и проведение конференции "Перспективы цифровой трансформации текстильных производств различного масштаба и специализации", которая прошла 21 марта. Участники круглого стола и конференции, а это – руководители фабрик, сервисных центров и специализированных типографий, поделились опытом работы с цифровым текстилем. В частности, были представлены образцы печати на натураль-

ных тканях, выполненных с использованием инновационного оборудования, и примеры использования собственной онлайн-системы для продвижения и реализации персонального текстильного дизайна.

По итогам данных мероприятий сделаны следующие выводы. Цифровизация – это комплексная трансформация текстильной и легкой промышленности и начинать ее надо с организационно-управленческих структур, затрагивать производственный процесс и сбыт продукции. Внедрение цифровых технологий должно способствовать повышению качества товаров легкой промышленности.

Подводя итоги состоявшейся "Недели легпрома-2019", президент Союзлегпрома А. Разбродин высказал такое мнение: "Конечно, продвижению продукции российского легпрома способствуют проведение Недели и, в целом, отраслевая выставочно-ярмарочная деятельность" [3]. При этом было отмечено, что необходимо ее значительно расширять географически и тематически. А государству в содружестве с бизнес-сообществом необходимо осуществлять целенаправленную политику по развитию конкурентоспособной отечественной продукции. Это направление должно способствовать усилению идеологической направленности государства и бизнеса в вопросах повышения и развития отечественного легпрома.

## ВЫВОДЫ

Представленный анализ прошедшей Недели текстильной и легкой промышленности показывает, что проведение подобных мероприятий способствует оживлению российского легпрома. Однако это лишь малая доля направлений, сформулированных в "Стратегии развития легкой промышленности на период до 2025". Учитывая значимость товаров легпрома для каждого человека, так как "встречают по одежке", всем участникам их производства, заинтересованным в развитии легкой и текстильной промышленности, необходимо развивать инструментарий реализации стратегического развития отрасли.

1. Легкая промышленность: вчера, сегодня, завтра. [электронный ресурс] // Вестник рождественской мануфактуры [сайт]. URL: [http://rmanufactura.blogspot.com/2011/12/blog-post\\_12.html?m=0](http://rmanufactura.blogspot.com/2011/12/blog-post_12.html?m=0)
2. Промышленность России по отраслям. Таблицы, графики [электронный ресурс] // Информационный портал "KubDeneg.ru" [сайт]. URL: <https://www.kubdeneg.ru/promyshlennost-rossii-po-otraslyam/>
3. Подведены итоги "РОССИЙСКОЙ НЕДЕЛИ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - 2019" [электронный ресурс] // Российский союз предпринимателей текстильной и легкой промышленности (СОЮЗЛЕГПРОМ) [сайт]. URL: <https://www.souzlegprom.ru/ru/press-tsentr/novosti/novosti-otrasli/3876-podvedeny-itogi-rossijskoj-nedeli-tekstilnoj-i-legkoj-promyshlennosti-2019.html>
4. Кабмин продлил на 2019 год господдержку легкой промышленности [электронный ресурс] // Портал "Экономика и жизнь" [сайт]. URL: <https://www.eg-online.ru/news/399709/>
5. Научно-производственное партнерство: взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля // Сб. докл. участников Третьего международного научно-практического симпозиума (г. Москва, 21 марта 2018 года. – Агентство информационных технологий БОС (Книги факультета искусств МГУ), 2018. ISBN: 978-5-905117-27-5
6. Легпром будет расти. За счет государства [электронный ресурс] // Портал "Экономика и жизнь" [сайт]. URL: <https://www.eg-online.ru/article/390430/>
7. ПРОЕКТ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации "Стратегия развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года" [электронный ресурс] // Российский союз предпринимателей текстильной и легкой промышленности (СОЮЗЛЕГПРОМ) [сайт]. URL: <https://www.souzlegprom.ru/ru/dokumenty/strategiya-razvitiya-otrasli.html>
8. Риски и прогноз на 2019-й год по отраслям промышленности от Coface [электронный ресурс] // Информационный деловой портал "Promdevelop.ru" [сайт]. URL: <https://promdevelop.ru/riski-i-prognoz-na-2019-j-god-po-otraslyam-promyshlennosti-ot-coface/>
9. Российский легпром: реальное состояние дел и программа развития [электронный ресурс] // Портал "Life.ru" [сайт]. URL: [https://life.ru/t/MHHnpOMTop/1070778/rossiiskii\\_lieghprom\\_riialnoie\\_sostoianie\\_diel\\_i\\_proghramma\\_razvitiia](https://life.ru/t/MHHnpOMTop/1070778/rossiiskii_lieghprom_riialnoie_sostoianie_diel_i_proghramma_razvitiia)
10. Тяжелый случай легкой промышленности [электронный ресурс] // Школа развития громады [сайт]. URL: [https://gromada-ks.blogspot.com/2018/02/blog-post\\_2.html](https://gromada-ks.blogspot.com/2018/02/blog-post_2.html)
1. Legkaya promyshlennost': vchera, segodnya, zavtra. [elektronnyy resurs] // Vestnik rozhdestvenskoy manufaktury [sayt]. URL: [http://rmanufactura.blogspot.com/2011/12/blog-post\\_12.html?m=0](http://rmanufactura.blogspot.com/2011/12/blog-post_12.html?m=0)
2. Promyshlennost' Rossii po otraslyam. Tablitsy, grafiki [elektronnyy resurs] // Informatsionnyy portal "KubDeneg.ru" [caft]. URL: <https://www.kubdeneg.ru/promyshlennost-rossii-po-otraslyam/>
3. Podvedeny itogi "ROSSIYSKOY NEDELI TEKSTIL'NOY I LEGKOY PROMYSHLENNOSTI - 2019" [elektronnyy resurs] // Rossiyskiy soyuz predprinimateley tekstil'noy i legkoj promyshlennosti (SO-YuZLEGPROM) [sayt]. URL: <https://www.souzlegprom.ru/ru/press-tsentr/novosti/novosti-otrasli/3876-podvedeny-itogi-rossijskoj-nedeli-tekstilnoj-i-legkoj-promyshlennosti-2019.html>
4. Kabmin prodлил na 2019 god gospodderzhku legkoj promyshlennosti [elektronnyy resurs] // Portal "Ekonomika i zhizn'" [sayt]. URL: <https://www.eg-online.ru/news/399709/>
5. Nauchno-proizvodstvennoe partnerstvo: vzaimodeystvie nauki i tekstil'nykh predpriyatii i novye sfery primeneniya tekhnicheskogo tekstilya // Sb. dokl. uchastnikov Tret'ego mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo simpoziuma (g. Moskva, 21 marta 2018 goda. – Agentstvo informatsionnykh tekhnologiy BOS (Knigi fakul'teta iskusstv MGU), 2018. ISBN: 978-5-905117-27-5
6. Legprom budet rasti. Za schet gosudarstva [elektronnyy resurs] // Portal "Ekonomika i zhizn'" [sayt]. URL: <https://www.eg-online.ru/article/390430/>
7. PROEKT Ministerstva promyshlennosti i trgovli Rossiyskoy Federatsii "Strategiya razvitiya legkoj promyshlennosti v Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda" [elektronnyy resurs] // Rossiyskiy soyuz predprinimateley tekstil'noy i legkoj pro-myshlennosti (SOYuZLEGPROM) [sayt]. URL: <https://www.souzlegprom.ru/ru/dokumenty/strategiya-razvitiya-otrasli.html>
8. Riski i prognoz na 2019-y god po otraslyam promyshlennosti ot Coface [elektronnyy resurs] // Informatsionnyy delovoy portal "Promdevelop.ru" [sayt]. URL: <https://promdevelop.ru/riski-i-prognoz-na-2019-j-god-po-otraslyam-promyshlennosti-ot-coface/>
9. Rossiyskiy legprom: real'noe sostoyanie del i programma razvitiya [elektronnyy resurs] // Portal "Life.ru" [caft]. URL: [https://life.ru/t/MHHnpOMTop/1070778/rossiiskii\\_lieghprom\\_riialnoie\\_sostoianie\\_diel\\_i\\_proghramma\\_razvitiia](https://life.ru/t/MHHnpOMTop/1070778/rossiiskii_lieghprom_riialnoie_sostoianie_diel_i_proghramma_razvitiia)
10. Tyazhelyy sluchay legkoj promyshlennosti [elektronnyy resurs] // Shkola razvitiya gromady [sayt]. URL: [https://gromada-ks.blogspot.com/2018/02/blog-post\\_2.html](https://gromada-ks.blogspot.com/2018/02/blog-post_2.html)

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВлГУ имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 23.09.20.

СОДЕРЖАНИЕ

**Экономика управления и организация производства**

<i>Лысова Е.Г.</i> Современное состояние и использование инновационных финансовых продуктов в текстильной отрасли Ивановской области .....	5
<i>Кайдашова А.К., Сизганова Е.Ю., Ашин А.А.</i> Состояние легкой промышленности Владимирской области в контексте экономических кризисов 21 века .....	12
<i>Шерешева М.Ю., Дэн Цзюнь Цжи, Савельев И.И., Почекаева О.В., Никифорова С.В.</i> Маркетинговые аспекты развития предприятий текстильной отрасли в Китае .....	20
<i>Рыжов И.В., Соколов А.П., Савельев И.И.</i> Оптимизация инвестиционного процесса по показателям эффективности на предприятиях текстильной промышленности .....	26
<i>Кисляков А.Н.</i> Проблемы построения прогностических моделей показателей внешнеэкономической деятельности предприятий текстильной промышленности .....	37
<i>Есиркепова А.М., Исамбаева А.Ж., Сабенова Б.Н., Рысбаева С.Ж., Кудайбергенова З.У.</i> Влияние национальных традиций на развитие легкой промышленности .....	43
<i>Зернова Л.Е., Ильина С.И., Иващенко Н.С., Политова Р.В., Ордынец А.А.</i> Определение затрат на производство хлопчатобумажной пряжи с помощью метода параметрического планирования .....	48
<i>Ползунова Н.Н., Костыгова Л.А.</i> Качество экономического роста предприятий текстильной и швейной промышленности .....	53
<i>Левизов А.С.</i> Особенности кадровой политики на предприятиях текстильной отрасли .....	57

**Материаловедение**

<i>Орлов А.В., Пашин Е.Л.</i> Моделирование процесса одноосного разрыва совокупности волокон с учетом их свойств на машине копрового типа .....	60
<i>Лутфуллина Г.Г., Миролубов Ю.Б., Фатхутдинова А.А.</i> Исследование напряженности электростатического поля тканей с вложением синтетических волокон .....	66
<i>Бесшапошникова В.И., Загоруйко М.В., Лебедева Т.С., Мерзликina Т.В.</i> Влияние температуры на процесс старения ткани из нитей арселон .....	70
<i>Спиридонова В.Г., Циркина О.Г.</i> Анализ методов оценки огнезащитных свойств текстильных материалов .....	75
<i>Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю.</i> Выбор параметров для осуществления эффективного технического контроля с помощью корреляционной матрицы определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов .....	82

**Первичная обработка. Прядение**

<i>Агзамов М.М.</i> Влияние скорости вращения сырцового валика на качество волокна и другие показатели процесса джинирования .....	88
<i>Смирнов В.Н.</i> Исследования рынка сырьевых культур для текстильной промышленности России .	94

**Технология текстильных изделий**

<i>Мяник Н.А., Пивкина С.И.</i> Алгоритм проектирования элемента верхнего трикотажа на основе современных преимуществ компьютерного инжиниринга .....	97
<i>Ермолаева Е.М., Вигелина О.А., Труевцев А.В.</i> Актуальные методы художественно-технологического проектирования трикотажа в этническом стиле .....	103
<i>Каратаев М.С., Таипулатов С.Ш., Рахматуллаева У.С., Яхьяева Д.Х., Абдурахманова Н.Д., Шумкарова Ш.П., Абдураев Ж.</i> Анализ влияния структуры базисного переплетения на физико-механические свойства плюшевого трикотажа .....	110
<i>Гречухин А.П., Хабибуллоев А., Рудовский П.Н., Рудковский М.Д.</i> Методика расчета поверхностной плотности трехмерных ортогональных тканей с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования .....	113
<i>Рыклин Д.Б., Демидова М.А., Азарченко В.М., Скроцкая К.В.</i> Обоснование закона распределения нановолокон по диаметру в материалах, полученных методом электроформования .....	121

## **Химия и технология отделки и модификации**

- Ихтиярова Г.А., Менглиев А.С., Хазратова Д.А., Аюпова М.Б.* Применение комплексных загусток на основе узхитана для набивки хлопкошелковых тканей ..... 129
- Ерзунов К.А., Румянцев Е.В., Алексахина Е.Л., Петрова Л.С., Румянцева В.Е., Одинцова О.И.* Разработка функционального покрытия для определения оксипролина в биологическом материале ..... 133

## **Швейное производство**

- Жукова И.В., Кузьмичев В.Е.* Проектирование мягкотельных виртуальных двойников типовых российских фигур для примерки компрессионной одежды ..... 139
- Романовский Р.С., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Шипилова Е.А.* Разработка новых моделей мужской одежды с учетом рекомендаций искусственного интеллекта ..... 145

## **Текстильные машины и агрегаты**

- Хуррамов Ш.Р.* Аналитическое описание формы кривых контакта валков в двухвалковом модуле. *Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З.* Теоретический анализ условия захвата в асимметричном двухвалковом модуле ..... 153
- ..... 159

## **Автоматизация и информационные технологии**

- Борзунов Г.И., Фирсов А.В., Новиков А.Н., Иванов В.В.* Категоризация изображений на основе цветовых контрастов ..... 164

## **Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика**

- Стенин В.А.* Электрокинетический метод контроля сушки текстильных материалов ..... 168
- Буймова С.А., Бубнов А.Г., Моисеев Ю.Н.* Методы снижения содержания поллютантов в сточных водах текстильных предприятий с индикацией уровня воздействия по состоянию родниковых вод ..... 171
- Линьков В.И.* Несущая способность и деформативность НВС-соединений деревянных элементов при различном положении ввинченного стержня ..... 179

## **Механика нити и полотен**

- Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Макарова А.А.* Разработка методов спектрального моделирования деформационно-релаксационных процессов полимерных текстильных материалов ..... 186

## **Композиты на волокнистой основе**

- Балашов А.Б.* Методология расчета свойств композиционных материалов на основе 3D-тканых структур с использованием воксельного подхода ..... 195

## **Передовые производственные технологии**

- Кожина К.С., Кудрявцева Т.Ю.* Оптимизация производства предприятий легкой промышленности с использованием RFID-технологии ..... 204

## **Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения**

- Гаджибекова И.А.* Национальное своеобразие народного костюма дагестанцев (на примере женского костюмного комплекса лезгинской группы народов) ..... 210
- Никонорова С.А., Чечина О.С., Васильчиков А.В.* "Неделя легпрома" как инструмент реализации стратегического развития легкой промышленности ..... 213



## CONTENTS

### Economics and Production Planning

<i>Lysova E.G.</i> Modern State and Usage of Innovative Financial Products in the Textile Industry of the Ivanovo Region .....	5
<i>Kaydashova A.K., Sizganova E.Yu., Ashin A.A.</i> The State of Light Industry in the Vladimir Region in the Context of Economic Crises of the 21st Century .....	12
<i>Sheresheva M.Yu., Deng Jun Zhi, Savelev I.I., Pochekaeva O.V., Nikiforova S.V.</i> Marketing Aspects of Textile Industry Enterprises Development in China .....	20
<i>Ryzhov I.V., Sokolov A.P., Savelev I.I.</i> Optimization of the Investment Process by Performance Indicators in the Textile Industry .....	26
<i>Kislyakov A.N.</i> Problems of Predictive Model Constructing of Indicators of Foreign Economic Activity of Textile Industry Enterprises .....	37
<i>Yessirkepova A.M., Issambayeva A.Zh., Sabenova B.N., Rysbayeva S.Zh., Kudaybergenova Z.U.</i> Influence of National Traditions on Light Industry Development .....	43
<i>Zernova L.E., Ilina S.I., Ivaschenko N.S., Politova R.V., Ordinets A.A.</i> Determining the Costs for the Production of Cotton Yarn Using the Parametric Planning Method .....	48
<i>Polzunova N.N., Kostygova L.A.</i> Quality of Economic Growth of Textile and Clothing Industry Enterprises .....	53
<i>Levizov A.S.</i> Peculiarities of Textile Enterprises Staff Policy .....	57

### Materials

<i>Orlov A.V., Pashin E.L.</i> Modeling of Single-Axis Rupture Process Fiber Totals with Regard to their Properties on a Copper-Type Machine .....	60
<i>Lutfullina G.G., Mirolubov Yu.B., Fatkhutdinova A.A.</i> Research of Electrostatic Field Strength of Fabric with the Attachment of Synthetic Fibers .....	66
<i>Besshaposhnikova V.I., Zagoruiko M.V., Lebedeva T.S., Merzlikina T.V.</i> The Influence of Temperature on the Aging Process of Fabric from Arcelon .....	70
<i>Spiridonova V.G., Tsirkina O.G.</i> Evaluating Method Analysis of Fire-Resistant Properties of Textile Materials .....	75
<i>Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu.</i> Selection of Parameters for Effective Technical Control Using the Correlation Matrix Determining Indicators of Quality of Thermal Insulation Nonwoven Materials .....	82

### Preliminary Treatment. Spinning

<i>Agzamov M.M.</i> The Influence of the Rotation Speed of the Raw Roller on Fiber Quality and Other Indicators of the Generation Process .....	88
<i>Smirnov V.N.</i> Market Research of Commodity Crops for the Textile Industry of Russia .....	94

### Technology of Textile Products

<i>Myannik N.A., Pivkina S.I.</i> Design Algorithm of Upper Knitted Element Based on Modern Advantages of Computer Engineering .....	97
<i>Ermolaeva E.M., Vigelina O.A., Truevtsev A.V.</i> Current Methods of Artistic and Technological Design of Knitwear in Ethnic Style.....	103
<i>Karatayev M.S., Tashpulatov S.Sh., Rakhmatullaeva U.S., Yakhyaeva D.Kh., Abdurakhmanova N.D., Shumkarova Sh.P., Abdurayev Zh.</i> Analysis of the Influence of the Basis Weave Structure on Physical and Mechanical Properties of Plush Knitwear .....	110
<i>Grechukhin A.P., Habibulloev A., Rudovsky P.N., Rudkovskiy M.D.</i> The Method of Calculating the Surface Density of Three-Dimensional Orthogonal Fabrics with Crosslink by a Single System of Threads in the Formation Zone .....	113
<i>Ryklin D.B., Demidova M.A., Azarchenko V.M., Skrotskaya K.V.</i> The Law Substantiation of Nanofibers Distribution by Diameter in Materials Obtained by Method Electroformations .....	121

### Chemistry and Technology of Finishing and Modification

<i>Ikhtiyarova G.A., Mengliev A.S., Hazratova D.A., Ayupova M.B.</i> Application of Uzkhitanane-Based Complex Thickeners for Cotton-Silk Fabric Packing .....	129
<i>Erzunov K.A., Rumyantsev E.V., Aleksakhina E.L., Petrova L.S., Rumyantseva V.E., Odintsova O.I.</i> The Development of a Functional Coating for Determination of Oxiprolin in Biological Material .....	133

## Sewing

<i>Zhukova I.V., Kuzmichev V.E.</i> Development of Deformable Digital Twins of Typical Russian Women Bodies for Compression Clothes Virtual Try-on .....	139
<i>Romanovsky R.S., Petrosova I.A., Andreeva E.G., Shipilova E.A.</i> Development of New Models Men's Clothing Taking into Account the Recommendations of Artificial Intelligence .....	145

## Textile Machines and Aggregates

<i>Khurramov Sh.R.</i> Analytical Description of the Contact Curve Shape of the Rolls in The Two-Roller Module .....	153
<i>Khurramov Sh.R., Khalturaev F.S., Kurbanova F.Z.</i> Theoretical Analysis of the Condition of Capture in an Asymmetric Two-Roll Module .....	159

## Automation and Information Technologies

<i>Borzunov G.I., Firsov A.V., Novikov A.N., Ivanov V.V.</i> Categorization of Images Based on Color Contrasts ...	164
--	-----

## Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

<i>Stenin V.A.</i> Electro Kinetic Control Method for Drying Textile Material .....	168
<i>Buymova S.A., Bubnov F.G., Moiseev Yu.N.</i> Methods for Reducing the Content of Pollutants in Waste Water of Textile Enterprises with Indication of Exposure Level by the State of Spring Water .....	171
<i>Linkov V.I.</i> Bearing Capacity and Deformability of ISR-Connections of Wooden Elements at Different Positions of the Screwed-in Rod .....	179

## Mechanics of Threads and Fabrics

<i>Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Makarova A.A.</i> Development of Methods for Spectral Modeling of Polymeric Textile Material Deformation-Relaxation Processes .....	186
---	-----

## Fiber-based Composites

<i>Balashov A.B.</i> Methodology for Calculating the Properties of Composite Materials Based on 3D-Woven Textures Using the Voxel Approach .....	195
--	-----

## Advanced Manufacturing Technologies

<i>Kozhina K.S., Kudryavtseva T.Yu.</i> Optimization of Textile Enterprise's Production Using RFID-Technology ...	204
---	-----

## Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Hadjibekov I.A.</i> National Identity of the Dagesti Folk Costume (Based on the Women Suit Complex of the Lesgin Group of Peoples) .....	210
<i>Nikonorova S.A., Chechina O.S., Vasilchikov A.V.</i> "Legprom Week" as a Tool for Implementing Strategic Development of Light Industry .....	213

## **Вниманию авторов!**

*Редакция принимает статьи и сопроводительные документы к ним, направленные только обычными письмами в адрес редакции журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности": 153000, г. Иваново, Шереметевский просп., 21, к. ГШ.352. Редакция журнала, ответственному секретарю.*

*Статьи и документы к ним должны быть оформлены согласно Правилам для авторов, которые публикуются в конце номера журнала.*

**Корреспонденция, направленная заказными письмами, не рассматривается.**

## **ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

Каждая статья, поступающая в редакцию, проходит внешнее рецензирование. Рецензенты журнала – ведущие ученые и практики в области текстильной промышленности.

В связи с вышесказанным для ускорения публикации статей редакция просит авторов, направляющих статьи в журнал "Технология текстильной промышленности" серии "Известия вузов", руководствоваться следующими правилами.

1. Редакция принимает только статьи, содержащие оригинальный материал, соответствующий профилю журнала, нигде не опубликованные и не переданные в редакции других изданий. В статье должно быть представлено четкое изложение полученных автором результатов без повторения данных в тексте статьи, таблицах и рисунках.

2. Статьи, написанные от руки, оформленные небрежно и не имеющие необходимых сопроводительных документов (см. п. 7), не рассматриваются.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным.

3. В редакцию представляются два экземпляра статьи. Объем статей с учетом таблиц не должен превышать 6 страниц текста, который располагается на одной стороне листа писчей бумаги белого цвета формата А4 (210×297 мм). Размер шрифта основного текста 12. Поля могут быть произвольными, но не менее 15 мм. Текст необходимо печатать через два интервала. К бумажному варианту статьи должен быть приложен идентичный вариант на электронном носителе. Текстовый редактор Word (формат \*.doc, \*.rtf), редактор формул Microsoft Equation, графический редактор Adobe Photoshop (формат \*.psx, \*.bmp, \*.jpg).

4. Получить информацию по оформлению статей и списка литературы к ним можно на сайте журнала.

5. Чертежи, графики, структурные формулы выполнять по правилам ГОСТа "Единая система конструкторской документации" чисто и четко в двух экземплярах (формата не более 13×18 см с учетом последующего полиграфического уменьшения в 2...2,5 раза), надписи и обозначения должны быть четкими и понятными. На обороте рисунка указывать его номер и название; "верх" и "низ" рисунка. Название рисунка и все обозначения должны вноситься в текст статьи. Фотографии (тоновые рисунки) принимаются только на глянцевой бумаге (без гляцевания) формата не менее 9×12 см (с учетом последующего уменьшения). Не принимаются рисунки, выполненные от руки, небрежно, карандашом или шариковой ручкой.

Все рисунки помещать в конце статьи на отдельных листах (не вставляя их в текст) и сопровождать описью с указанием их номеров и названий. Количество рисунков в статье не должно превышать четырех.

6. В начале статьи (над ее названием) проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). Под заголовком указать инициалы, фамилии авторов и полное название института (организации), в котором работают авторы, адрес электронной почты (E-mail). Далее следует расположить аннотацию на русском языке, отражающую основное содержание статьи, не более 10 строк, а после нее – основной текст статьи. Если в статье есть таблицы, то их заголовки следует вносить в текст. Статья должна заканчиваться конкретными выводами.

7. К статье прилагать следующие документы:

а) сопроводительное письмо с перечнем всех документов, направляемых в редакцию, с указанием организации, где проведена описываемая работа, а также места работы, должности, ученой степени и ученого звания, фамилии, имени и отчества автора (авторов), точного

домашнего адреса и адреса для переписки, номеров служебного и домашнего телефонов, E-mail;

б) заверенную выписку из протокола заседания кафедры, рассмотревшего направляемую статью. В выписке должны содержаться рекомендации кафедры к публикации в журнале, а также полное (без сокращений) наименование кафедры. К статье должны быть приложены документы, подтверждающие возможность ее открытого опубликования;

в) аннотации статей на русском и английском языках; ключевые слова к статье;

г) пристатейный библиографический список литературы, который должен быть оформлен: 1) на русском языке, 2) русскоязычный список в романском алфавите (латинице), 3) на английском языке;

д) название статьи, фамилию и инициалы автора (авторов), место работы и должность на английском языке.

8. Плата с аспирантов дневной формы обучения, выступающих единым автором работы, за публикацию статьи не взимается.

9. С целью ускорения публикаций статей переписку, связанную с исправлениями материалов, желательно осуществлять по электронной почте: E-mail: [ttp@ivgpi.com](mailto:ttp@ivgpi.com).

\* \* \*

Редакция обращает внимание авторов на необходимость соблюдения изложенных правил, что ускоряет прохождение статьи в производстве, сокращает время ее напечатания и способствует уменьшению ошибок и опечаток.

Статьи, отклоненные от публикации, не возвращаются.

Авторский гонорар не выплачивается.

РЕДАКЦИЯ