

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

**№ 3 (399)
2022**

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

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

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

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

Издание Ивановского государственного политехнического университета

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

Е.В. РУМЯНЦЕВ (д.х.н., ректор).

Заместитель главного редактора:

Н.Л. КОРНИЛОВА (д.т.н., проф.).

Редакционная коллегия (Россия):

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

Международная редакционная коллегия:

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Ответственный секретарь *Е.Н. КАЛИНИН*

*Адрес редакции: 153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.
Тел.: (4932) 41-75-02.
E-mail: ttp@ivgpi.com
<http://ttp.ivgpi.com>*

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.06.2022. Подписано в печать 30.06.2022. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 35,34; Усл. кр.-отт. 35,59. Заказ 4809.

Тираж 400 экз.

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

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

© "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", 2022

Ministry of Science and Higher Education
of Russian Federation

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**TEXTILE
INDUSTRY
TECHNOLOGY**

Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR

**№ 3 (399)
2022**

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

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

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

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

Published by Ivanovo State Polytechnical University

EDITORIAL BOARD

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

members:

Editorial board (Russia):

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

International editorial board:

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

EDITORIAL COUNCIL

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

Executive secretary E.N. KALININ

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

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796. Passed for typesetting on 01.06.2022.
Signed for printing on 30.06.2022. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 35.34 conventional sheets.
35.59 conventional. Order 4809.

Circulation of 400.

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

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

УДК 338.45

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_05

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
В ЗЕРКАЛЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ**

**ECONOMIC ISSUES OF THE TEXTILE INDUSTRY
IN THE MIRRORS OF BIBLIOGRAPHIC DATABASES**

В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, С.Г. ДЕМБИЦКИЙ, А.В. СИЛАКОВ, А.М. КУШНИР, Т.В. ДИАНОВА

V.S. BELGORODSKII, S.G. DEMBITSKY, A.V. SILAKOV, A.M. KUSHNIR, T.V. DIANOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Московский государственный институт международных отношений (университет)
Министерства иностранных дел Российской Федерации)

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Moscow State Institute of International Relations (University)
of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation)

E-mail: ku7@bk.ru; diatai@yandex.ru

В статье представлены результаты анализа экономической проблематики текстильной промышленности, проведенные на основе поисковых запросов в библиографических базах данных РИНЦ и Scopus. Установлено, что количественные показатели исследовательской активности на отечественной платформе увеличиваются, что связано с эффективной государственной политикой в области науки и образования по стимулированию публикаций и одновременным расширением рынка недобросовестных публикаций, без проведения должного рецензирования. В то же время количественные показатели исследовательской активности в Scopus имеют тенденцию к снижению, что противоречит повышательному тренду, наблюдаемому практически по всем отраслям научного знания. Формальные показатели исследовательской активности в нашей стране и за рубежом свидетельствуют о том, что экономическая проблематика текстильной промышленности выходит на периферию мировой науки. Выявлено, что лидерство России в количестве публикаций в данной сфере за последние годы не конвертируется в их признание за рубежом. Определены факторы, способствующие консервации такого положения. Установлены существенные различия между тематической направленностью публикаций по проблемам экономики текстильной промышленности в России и в иностранных государствах. Выдвинута гипотеза о том, что приоритетное рассмотрение в

зарубежных изданиях экологических проблем текстильной промышленности имеет не только объективные, но и субъективные причины.

The article deals with the results of the analysis of the economic issues of the textile industry, carried out on the basis of search queries in the bibliographic databases of the RSCI and Scopus. It was estimated that the quantitative indicators of research activity on the domestic platform are increasing, which is associated both with an effective state policy education to stimulate publications in the field of science and the simultaneous expansion of the market for unscrupulous paid publications, without proper peer review. At the same time, the quantitative indicators of research activity in Scopus tend to decrease, which contradicts the upward trend observed in almost all branches of scientific knowledge. The qualitative indicators of research activity in our country and abroad tell that the economic issues of the textile industry are moving to the periphery of the world science. It was found that Russia's leadership in the number of publications in this area in recent years does not convert into their recognition abroad. The factors contributing for the maintenance of the current situation have been determined. Significant differences between the thematic focus of publications on the problems of the economy of the textile industry in Russia and in foreign countries have been claimed. The authors put forward the hypothesis that the priority consideration of ecological problems of the textile industry in foreign publications has not only objective, but also subjective reasons.

Ключевые слова: текстильная промышленность, экономические аспекты, наукометрия, РИНЦ, Scopus, научные исследования, сравнительный анализ, тенденции развития науки.

Keywords: textile industry, economic aspects, scientometrics, RSCI, Scopus, science research, comparative approach, research trends.

Введение

Экономические проблемы текстильной промышленности довольно давно находятся в центре внимания как отечественных, так и зарубежных исследователей. Накоплено достаточное число подходов, алгоритмов и моделей к решению актуальных задач, исследования ведутся по многим направлениям теории и практики. Между тем, научное знание в любой отрасли характеризуется некоторым запаздыванием по одним направлениям, когда практика уходит вперед, не находя должного теоретического осмысления, либо опережением по другим. Зачастую проблема заключается в том, что такое опережение не просто уходит в сторону предприятия, отрасли и даже целые страны, но и приводит к нерациональному использованию ограниченных экономических ресурсов. В связи с этим представляет существенный интерес согла-

сование теории и практики, проведение системного анализа достижений и проблем современной науки в экономических вопросах текстильной промышленности. Как представляется авторам, отправной точкой подобных исследований могут выступать библиографические и реферативные базы данных. Исходя из того, что последние исследования в данной области были проведены более 13 лет назад [9], [10], обращение к ней представляется весьма важным и актуальным.

Методы и ограничения

Источниками фактического материала исследования выступали библиографические и реферативные базы данных РИНЦ и Scopus. Выбор отечественного продукта был проведен на безальтернативной основе, а международного осуществлялся по критерию широты охвата: при идентичных запросах Web of Science выдавала 3958 ре-

зультатов против 6397 у Scopus. В РИНЦ был проведен системный анализ поискового запроса: "текстиль* промышлен* экон*" по всем типам публикаций, в их названиях, аннотациях и ключевых словах; в Scopus : "KEY (textil* AND industr* AND econom*) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ECON"))" по отраслям научного знания "экономика" и "бизнес". Основное внимание уделялось анализу работ, опубликованных в период с 2017 по 01.07.2021 гг. либо за последнее десятилетие. Отправной точкой определения основных тематических направлений исследования экономических проблем текстильной промышленности выступал подход, изложенный в работе А.Б. Петрухина [7]. Ограничения исследования заключаются в следующем:

- исходя из того, что полученные результаты представляют собой объемный массив информации, с высокой степенью достоверности отражающий имеющиеся тренды, валидизация содержания и уточнение поисковых запросов не проводились;
- не все публикации на русском языке индексируются в РИНЦ;
- в Scopus в основном представлены научные работы на английском языке;
- в наукометрических базах не отражаются исследования, содержащие сведения, органического распространения;
- результаты, полученные с помощью наукометрических баз данных, требуют проверки, т.к. периодически встречались повторы и некорректное отображение информации.

Между тем, основная и наиболее значимая часть научных публикаций русскоязычного сегмента представлена в РИНЦ, а исследования международного уровня – в Scopus. Для определения тенденций развития текстильной промышленности и экономической науки, исследующей ее проблемы и перспективы, указанные ограничения были признаны допустимыми.

Результаты и обсуждения

Было установлено, что в РИНЦ имелось 829 научных работ, посвященных анализу экономических проблем текстильной промышленности, причем 49,3% (409) прихо-

дили на последние 5 лет, а 74,5% (618) – на последние 10 лет. Полученные результаты без учета данных за 2021 г. представлены на рис.1. Налицо тенденция, связанная с увеличением числа публикаций в исследуемой области.

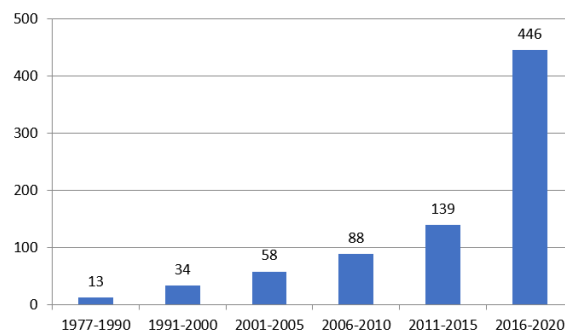


Рис. 1

Иная картина наблюдается при анализе данных Scopus (рис. 2). Например, за 2003 г. было проиндексировано 462 работы против 161 за 2020 г. и это при том, что общее число научных публикаций в мире растет год от года.

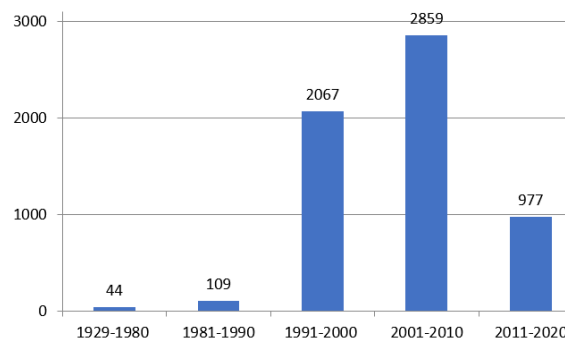


Рис. 2

Подобные разнонаправленные тенденции могут быть интерпретированы следующим образом.

Увеличение числа публикаций в нашей стране в определяющей мере является следствием мер, принимаемых Минобрнауки России, по установлению целевых показателей эффективности деятельности вузов и научных организаций. Одним из таких показателей выступает публикационная активность сотрудников, в зависимости от которой выделяется бюджетное финансирование и устанавливаются стимулирующие надбавки работникам. И если ранее публи-

кации готовились в основном по "зову сердца" либо в связи с защитой диссертаций, то в современных условиях от их количества и качества зависит материальное благополучие педагогических и научных сотрудников. Кроме того, повысилась "доступность" публикаций: появилось значительное число организаций, которые за относительно небольшую плату в короткие сроки без какого-либо рецензирования публикуют журнальные статьи и сборники конференций. Естественно, качество подобных интеллектуальных продуктов может вызывать сомнения. В качестве примера можно привести научную работу С.Н. Буслаева, название которой не согласовано по падежам, по тексту имеется отсылка на материалы ФТС России, которых нет в списке источников, а данные, приведенные по Росстату, отсылают к титульной странице сайта, а не к конкретному месту, где они содержатся [1]. К сожалению, подобные примеры не единичны.

При этом относительное сокращение публикаций в Scopus за последние 10...15 лет обусловлено следующими факторами:

- перемещением фокуса научного поиска из области промышленного производства в сферу услуг;
- формальным снижением доли текстильной промышленности в мировом валовом внутреннем продукте за счет гипертрофированного расширения сферы услуг;
- рядом возможных причин, о которых речь пойдет далее.

Справедливости ради необходимо заметить, что в последние годы основная часть прироста мирового ВВП обеспечивается даже не столько сферой услуг, сколько ее отдельным сегментом – рынком финансовых и производных от них инструментов. Как показывают статистические данные, ни одна отрасль материального производства не в состоянии конкурировать с ним по динамике основных показателей. Тем не менее, по физическим объемам, если даже оценивать легкую промышленность по началу технологической цепочки (текстильной части), то за последние 20 лет ми-

ровой объем переработки текстильного волокна вырос на 20%, со 100 до 120 млн т. Очень немногие отрасли материального производства за указанный период продемонстрировали лучшую или подобную динамику.

Еще одной причиной вышеуказанных разнонаправленных трендов является то, что в нашей стране значительная часть работ по экономическим проблемам текстильной промышленности публикуется в авторитетном рецензируемом издании, рекомендованном ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций, представленных на соискание ученых степеней и включенном в базу Scopus¹ – журнале "Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности" (ИВУЗТТП). На него приходится 15,7% (130) всех публикаций. Все остальные источники не сопоставимы с ним по вкладу в науку (Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук – 12 публикаций; Вестник университета Туран – 9; журнал "Экономика и предпринимательство" – 8).

До 2012 г. основными лидерами по числу публикаций в исследуемой сфере выступали Костромской государственный университет; Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна; Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности; Ивановский государственный политехнический университет; Ивановский государственный химико-технологический университет; Казанский национальный исследовательский технологический университет; Ивановский государственный университет; Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина. После 2012 г. к ним добавились Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых; Московский государственный строительный университет, Финансовый университет при Правительстве РФ, Московский авиационный институт и др.

«Бизнес, менеджмент и учет» и «Экономика, эконометрика и финансы».

¹ По состоянию на июнь 2021 г. только 21 российский журнал был включен в Scopus по разделам

По мнению авторов, расширение перечня традиционных центров исследования экономических проблем текстильной промышленности необходимо всячески приветствовать. В то же время ситуация, когда за период с 2017 г. по середину 2021 г. 12 публикаций аффилировано с Санкт-Петербургским государственным университетом промышленных технологий и дизайна, а 10 – с Московским авиационным институтом, в котором все публикации приходятся на двух специалистов, занимающихся исследованиями на инициативной основе (профессор Голов Р.С и аспирант Шустров Т.Л.), заставляет задуматься об организации научной деятельности в профильных организациях. Также обращает на себя внимание отсутствие среди лидеров научных организаций: лучшие среди них по количественным показателям (Институт экономики РАН и Федеральный научный центр лубяных культур) находятся в 4-м десятке по результатам рейтингового ранжирования. Это косвенно демонстрирует то, что исследуемая сфера не относится к научному мейнстриму в нашей стране.

Еще в большей степени указанное положение проявляется на международном уровне. Из 47 журналов, в которых были опубликованы двадцать и более научных работ в исследуемой сфере, 31 был исключен из охвата Scopus: 4 из них до 2001 г. (Jtn Monthly, Textile Leader, International Textile Manufacturing; Melliand Textilberichte); 19 – с 2001 по конец 2010 гг. (Textile Horizons; Tekstil I Obleklo; Jtn Weekly; Rivista Della Tecnologie Tessili; Industrie Textile; Allgemeiner Vliesstoff Report; Wool Record; Tinctoria; Rivista Delle Tecnologie Tessili; Industria Cotoniera; Fiber Organon; Context Magazine; African Textiles; Bekleidung Wear; Bobbin; Nonwovens Report International; Revista De La Industria Textil; Filiere Maille; Industrial Fabric Products Review); и 8 – после 2010 г.: Textile Asia; Textile Trends; Euratex Bulletin; Textile Month; Textile Magazine; ATA Journal; Tekstil; Textile Network). Практически все указанные издания имели отраслевую специализацию. Из оставшихся 2 издания, включенные в Scopus, имеют нулевой процентиль (Textiles Eastern Europe;

Textiles South East Asia); 11 входят в четвертый квартиль, в основном по отраслям "Общий менеджмент, бизнес и учет" и "Общие науки о материалах" (ИВУЗТТП; Chemical Fibers International; Przegląd Włokienniczy; Knitting International; Technical Textiles International; Pakistan Textile Journal; Textile World; Nonwovens Industry; Textile Outlook International; Asian Textile Journal и Colourage). 2 издания входят во второй квартиль: Fibres And Textiles In Eastern Europe по междисциплинарным наукам о материалах, а Textile History по истории; и только Journal Of Cleaner Production входит в первый квартиль по нескольким направлениям. Это свидетельствует о том, что исследования экономических вопросов текстильной промышленности перемещаются на периферию научного поиска.

Обращает на себя внимание тот факт, что в топ-результатов поисковых запросов в Scopus и Web of Science не представлен наиболее авторитетный международный журнал по проблемам текстильной промышленности The Journal of the Textile Institute в котором периодически анализируется экономическая проблематика, как в прямой постановке, так и косвенно [40], [41]. Показательно и то, что он индексируется только во втором квартале Scopus по разделам Agricultural and Biological Sciences, Materials Science и Industrial and Manufacturing Engineering. В наукометрической базе Web of Science он также представлен во втором квартале в разделе Materials science, textiles (8 позиций из 25).

Если ранжировать источники по числу публикаций с 2017 г., то ситуация будет следующей (рис. 3).

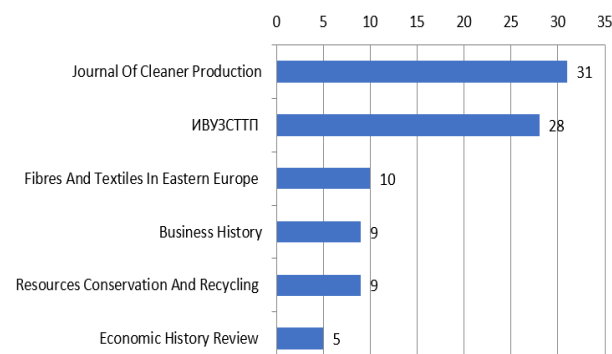


Рис. 3

Все вышеуказанные источники относятся к 1-му либо ко 2-му квартилю за исключением ИВУЗТТП.

За весь период охвата публикации Scopus распределяются по странам следующим образом: США – 159, Индия – 113, Великобритания – 89, КНР – 68, ФРГ – 66, Польша – 61, Россия – 43, Франция – 25, Бельгия – 24, Хорватия и Швейцария – по 22 и т.д. Ситуация за последние 5 лет представлена на рис. 4.

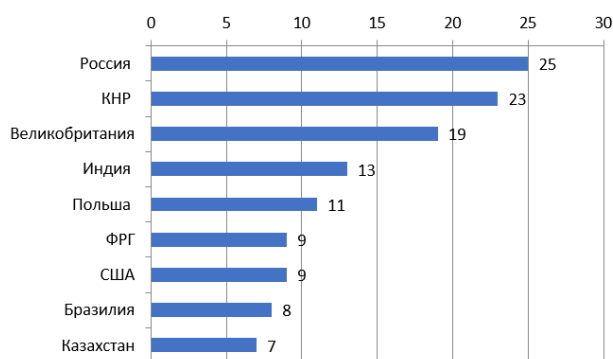


Рис. 4

Получается, что по количеству публикаций в данной сфере наша страна выходит на лидирующие позиции. Но все российские публикации приходятся на ИВУЗТТП, а ни одна из них не была процитирована даже однократно. Получается, что количество не переходит в качество. Такое положение вполне объяснимо, т.к. основная аудитория журнала приходится на российских специалистов, большая часть которых публикуется в изданиях на русском языке и не индексируется в международных библиографических базах. В то же время зарубежные специалисты не имеют прямого доступа к архиву публикаций ИВУЗТТП, как это сделано в Scopus у большинства источников. Практически все зарубежные исследователи, кроме представителей ближнего зарубежья (которые чаще используют алгоритмы РИНЦ, чем Scopus), не владеют русским языком, а использование онлайн переводчиков не всегда корректно.

С некоторой долей условности все публикации по исследуемой проблематике, индексируемые в РИНЦ с 2017 по середину 2021 гг. можно разделить на несколько взаимно пересекающихся групп (рис.5). При

этом отдельные публикации были одновременно отнесены к двум и более группам.

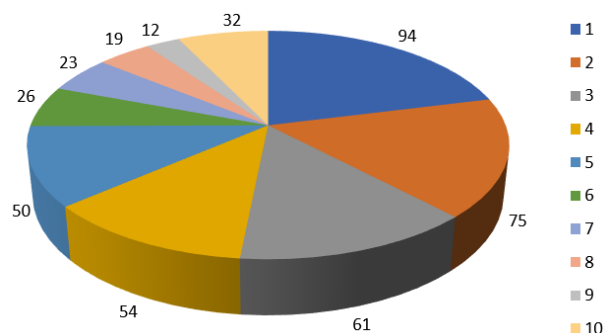


Рис. 5

1. Вопросы эффективности производства, повышения конкурентоспособности, инвестиционной привлекательности. Из 94 публикаций данного направления 24 посвящены проблемам инноваций, цифровизации, использования искусственного интеллекта.

2. Проблемы зарубежных коллег. Большая часть таких публикаций посвящена текстильной промышленности государств ближнего зарубежья: Узбекистана, Таджикистана, Казахстана, Беларуси, Кыргызстана, Азербайджана, Молдовы и в меньшей степени КНР, государств ЕС, Индии, Сингапура и т.п.

3. Совершенствование технологий текстильной промышленности.

4. Общая проблематика – состояние, перспективы развития, вопросы государственного регулирования, государственно-частного партнерства, протекания кризисных процессов, привлечения и мотивации трудовых ресурсов и т.п.

5. Региональные аспекты и проблемы создания и функционирования кластеров.

6. Проблемы синей и зеленой экономик – энергосбережение, бережливые инновации, утилизация и т.п.

7. Исторические аспекты экономики текстильной промышленности.

8. Проблемы безопасности и устойчивого функционирования отдельных организаций, отрасли и экономики страны в целом.

9. Проблемы международного сотрудничества, сравнительный анализ отдельных государств и регионов.

10. Иные экономические проблемы текстильной промышленности – импортозамещение, моделирование, дизайн, образование и т.д.

Проведя сопоставимую классификацию в рамках поискового запроса в Scopus, авторы также определили 10 основных рубрик и получили результаты, представленные на рис. 6.

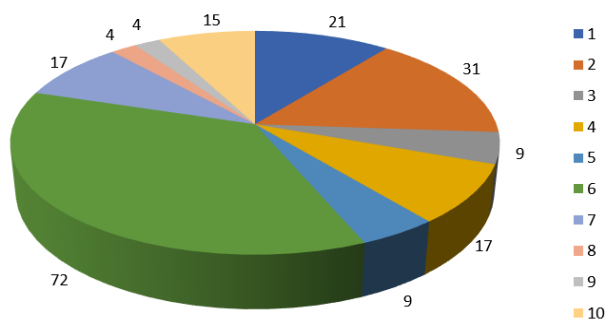


Рис. 6

1. Вопросы эффективности производства, повышения конкурентоспособности, инвестиционной привлекательности в международной библиографической базе встречаются почти в два раза реже в процентном отношении, чем в РИНЦ.

2. Проблемы зарубежных коллег. Эти публикации занимают практически ту же долю, что и в РИНЦ, но в большей мере посвящены крупнейшим производителям текстильной продукции – КНР, Индии, Бангладеш, Пакистану, Эфиопии, странам ЕС и т.д.

3. Совершенствование технологий текстильной промышленности составляет почти в 3 раза меньшую долю, чем в РИНЦ

4. Общая проблематика (состояние, перспективы развития, государственное регулирование, кризисные процессы и т.п.) занимает в Scopus несколько меньшую, но сопоставимую с РИНЦ долю (8,5% и 12,11% соответственно).

5. Региональные аспекты и развитие кластеров занимают в международной библиографической базе вдвое меньшую долю, чем в отечественной.

6. Проблемы синей и зеленой экономик в международных публикациях отражены почти в половине работ (в 72 из 154), что

многократно превышает представленность данного направления в отечественном аналоге.

7. Исторические аспекты встречаются в Scopus почти в 1,5 раза чаще, чем в РИНЦ – 8,5% против 5,16%.

8. Вопросы безопасности нашли свое отражение только в 2% публикаций в Scopus, что вдвое реже, чем в РИНЦ, причем большая часть из представленных в международной библиографической базе публикаций приходится на нашу страну.

9. Международные проблемы, сотрудничество, сравнительный анализ отдельных государств и регионов: в Scopus и РИНЦ представлены в сопоставимых долях.

10. Проблемы логистического менеджмента и цепей поставок были выделены нами для Scopus в отдельную группу, т.к. в международных публикациях они представлены в значительно большей степени.

Сравнение топ-10 наиболее цитируемых публикаций в соответствующих запросах Scopus и РИНЦ демонстрирует следующее. Во-первых, наиболее востребованная в отечественной базе публикация [6] имеет только 48 цитирований против 110 у лидирующей в международной базе [23]. Во-вторых, топ-10 российского рейтинга представлен самыми различными тематическими направлениями: 4 работы посвящено общим экономическим проблемам текстильной промышленности [3], [5], [12], [13], 2 – использованию информационных технологий [2], [6] и по одной работе – вопросам трудового потенциала [8], интеграционным процессам [4] и экономике сокровищ [11]. В это же время в топ-10 Scopus все публикации посвящены проблемам синей и зеленой экономик: 7 работ исследуют циркулярную экономику [16], [19], [20], [22], [24], [25], [33], 2 – устойчивое развитие [17], [23] и 1 – экологическое регулирование [26].

Несмотря на то, что развитие текстильной промышленности выступает драйвером экономического роста в развивающихся странах [21], значительная часть публикаций, индексируемых в международной библиографической базе, представ-

ляет ее в негативном контексте, как существенную угрозу для окружающей среды и устойчивого развития [27], [28], [30], [31], [36], [38]. В большинстве из них отмечается ее важность и значимость в мировой экономике, однако основной упор делается на угрозах и рисках для окружающей среды [14], [15], [29], [32], [35], [37]. По мнению авторов, такой подход является несколько тенденциозным.

Во-первых, загрязнение окружающей среды действительно представляет глобальную угрозу для человечества. Поэтому циркулярная экономика и повышение фондовооруженности труда за счет информатизации, компьютеризации и автоматизации производства объективно обуславливают сокращение рабочих мест в текстильной промышленности и их рост в отраслях, связанных с переработкой и повторным использованием ее продукции [34]. Кроме того, отказ от избыточного потребления действительно окажет благотворное влияние на экосистемы основных центров текстильной промышленности [18]. Тем не менее, потребность в продукции текстильной промышленности носит объективный характер, а определение норм и допустимых границ потребления представляет существенную проблему, которая не имеет универсального решения. Скорее всего, значительно большей проблемой являются диспропорции в получаемых доходах между странами и континентами, а забота об окружающей среде выступает благовидным предлогом для передела рынков и максимизации прибыли крупнейших участников, причем не только в текстильной промышленности, которые продвигают идеи экологичности, энергоэффективности и т.п.

Во-вторых, проблемы экологичности для бизнеса всегда носят вторичный характер, т.к. он сконцентрирован на получении прибыли [39]. Бизнес может заниматься этими вопросами только в том случае, когда имеется прибыль. В том случае, когда затраты на охрану окружающей среды приводят к сокращению прибыли до нуля, бизнес просто прекращает свое функционирование и переключается на более выгодные сферы.

Авторы полагают, что относительно малое количество публикаций по экономическим проблемам текстильной промышленности может быть связано со следующими причинами.

Во-первых, в этой сфере в силу специфики конечного спроса товарно-материальные потоки разбиваются на большое количество сегментов, что затрудняет консолидацию бизнеса в крупные предприятия, и доминирующие позиции занимают малые и средние предприятия. Кроме того, налицо четкое разделение на производственный сектор, включающий предприятия легкой промышленности, работающие по модели OEM, и креативно-товарно-логистический сектор, включающий фэшн-индустрию, которая в большинстве случаев сама не "заходит" в производственные активы, а сконцентрирована на контроле логистики, сбыта, а также нематериальных активов – дизайна, торговых марок и т.п. Это приводит к тому, что модель защиты результатов научно-исследовательской деятельности через механизм патентования и продажи лицензий становится бессмысленной, а доминирует использование защиты ноу-хау через механизмы коммерческой тайны. В результате сфера исследований и разработок для легкой промышленности, в том числе и в области экономики, становится непубличной, в большей мере ориентированной не на публикации, а на конфиденциальную передачу конечному заказчику. Большинство научных результатов исследований носят прикладной характер, имеющих высокий потенциал монетизации со стороны коммерческих организаций отрасли, которые заинтересованы в использовании результатов исследований для развития собственных конкурентных преимуществ.

Кроме того, основные центры исследований находятся в корпоративном секторе, а не в университетах или публичных НИИ, и они направлены на обслуживание исключительно корпоративных интересов, что зачастую исключает возможность публикации результатов. В это же время академические научные центры играют второстепенную роль, поэтому и не видно большой ак-

тивности в формате традиционных для других областей научного знания публикаций.

Во-вторых, следует принять во внимание низкую долю государственного участия в исследуемой сфере практически во всем мире. Существует консенсусное мнение о том, что она должна быть отдана на откуп частному капиталу. В результате наблюдается низкий интерес государственных регулирующих органов к финансированию исследований по соответствующей проблематике, в том числе экономического характера, а это обуславливает ограниченность грантовых программ, которые выступают основным механизмом поддержки исследований, результаты которых оформляются в виде публикаций.

В-третьих, недостаточное внимание российских научных организаций (НИИ) к экономическим аспектам развития текстильной промышленности обусловлено их генезисом. Уже к 1950-м гг. в СССР сложилась ситуация, когда центры исследований по отраслевой экономической проблематике находились не в составе специализированных экономических НИИ, а в секторах и лабораториях отраслевых НИИ технического или технологического профиля. После реформы АН СССР 1961 г., когда в ней было ликвидировано отделение технических наук, и из нее были выведены и переподчинены отраслевым министерствам порядка 3500 научных институтов. Соответственно все институты, занимающиеся проблематикой текстильной промышленности, оказались в ведомственном подчинении. После развала СССР в связи с ликвидацией отраслевых министерств и приватизацией почти всех предприятий текстильной промышленности, практически все профильные НИИ стали коммерческими организациями в форме ООО или АО. В большинстве из них научная деятельность была прекращена, а коммерческая – сведена к сдаче имеющихся площадей в аренду, производству на доставшейся опытно-лабораторной базе и оказанию консультационных услуг в интересах конкретного заказчика, что минимизирует возможности публикации результатов.

Поэтому сегодня в России единственным типом организаций, способным проводить традиционные виды научных исследований по экономике текстильной промышленности и представлять их результаты в виде публикаций, являются вузы. В них подобная деятельность финансируется через механизмы грантовой поддержки, государственных заданий или подготовки кадров в аспирантуре. Как в нашей стране, так и за рубежом все указанные механизмы имеют существенные бюджетные ограничения.

В-четвертых, существующая в нашей стране система аккредитации программ высшего образования стимулирует публикационную активность профессорско-преподавательского состава по направлениям преподаваемых дисциплин. Исходя из декларируемой и реализуемой подготовки практико-ориентированных специалистов с последующей ее увязкой с требованиями профессиональных стандартов, можно предположить, что профессиональная ориентация отечественного образования сохранится и впредь. В результате учредители образовательных организаций, требуя включения в индивидуальные планы работы преподавателей публикаций, фактически финансируют их. Это обеспечивает поток публикаций по традиционному для индустриальной эпохи широкому спектру отраслевых проблем из вузов России. В то же время такой подход не находит поддержки организаторов грантовых программ, на которые сегодня в основном ориентируются зарубежные вузы и научные организации. Для них характерна довольно узкая специализация, а изучение прикладных вопросов развития отраслей промышленности становится исключительной прерогативой исследовательских структур, ориентированных на сохранение тайны своих результатов, а не на их публичное представление. Отчасти этим можно объяснить наблюдаемую ситуацию, когда количественные показатели публикационной активности в сфере экономики текстильной промышленности в международных базах научного цитирования снижаются, что противоречит повышательному тренду, наблю-

даемому практически по всем отраслям научного знания.

Заключение

Проведенное исследование позволяет прийти к следующим выводам.

1. Определено, что количественные показатели исследований экономических проблем текстильной промышленности характеризуются разнонаправленными трендами в нашей стране и за рубежом. Количество публикаций по данным проблемам в РИНЦ имеет тенденцию к увеличению. Это связано с общим повышением публикационной активности в нашей стране, которое обусловлено действенной государственной политикой в данной области и расширением рынка публикаций, что оказывает противоречивое влияние на их качество. Сверх того, десятки профильных журналов были исключены из охвата Scopus. Данные факты свидетельствуют о том, что экономическая проблематика текстильной промышленности смещается на периферию мировой науки или, возможно, в ее непубличную часть (закрытые НИР для определенных заказчиков).

2. Выявлено существенное различие между тематической направленностью публикаций по проблемам экономики текстильной промышленности в России и в иностранных государствах: в нашей стране она более диверсифицирована, в то время как за рубежом наблюдается "крен" в сторону экологических проблем. Реальные проблемы отрасли (повышения производительности труда, эффективности и организации производства) в угоду модным тенденциям отходят на задний план, уступая свое место вопросам снижения углеродного следа, циркулярной экономики и т.п. Такой дисбаланс в исследованиях зарубежных коллег представляется авторам несколько гипертрофированным, что отчасти также может объясняться приоритетами грантодателей и организаторов грантовых программ.

3. Установлено, что лидерство России в публикационной активности в данной области за последние годы не конвертируется в их признание за рубежом. Недостаточная востребованность российских разработок

связана с отсутствием: англоязычной версии ИВУЗТТП; прямого перехода из Scopus на сайт журнала; относительно небольшими списками литературы в статьях данного издания, размер которых по общему правилу ограничен 20 источниками, в то время, как работы зарубежных коллег, ссылаются на 40 и более изданий. Кроме того, авторы ИВУЗТТП, публикующиеся по экономической проблематике, довольно редко цитируют работы из него своих предшественников. Представляется целесообразным учесть указанные факторы при реализации редакционной политики российских журналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Буслаев С.Н.* Комплексные материалы из хлопка на российском рынке // Тенденции развития науки и образования. – 2019, № 49-11. С. 18...21.
2. *Горбашко Е.А., Леонов С.А., Малевская-Малевич Е.Д.* Влияние цифровизации экономики на обеспечение качества в текстильной отрасли // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 2. С. 17...22.
3. *Ибрагимова Р.С., Головкин Д.С.* Оценка экономического потенциала текстильной промышленности на основе концепции foresight // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2018, № 4 (56). С. 128...140.
4. *Кнобель А.Ю., Седалищев В.В.* Риски и выгоды для ЕАЭС от различных сценариев интеграции в Азиатско-тихоокеанском регионе // Экономическая политика. – 2017. Т. 12. № 2. С. 72...85.
5. *Мишурова И.В., Николаев Д.В., Николаева Н.В., Филимонова Н.М.* Управление бизнес-процессами предприятия на основе стратегического и оперативного учета экономических показателей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 3. С. 83...87.
6. *Переборова Н.В., Смирнов А.М., Миронова К.В., Барина Я.В., Битуреева Д., Гавшин Д.А.* Повышение качества продукции текстильной и легкой промышленности на основе информационных технологий // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2019, № 2. С. 34...44.
7. *Петрухин А.Б.* Вклад журнала в решение экономических проблем текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 4. С. 17...20.
8. *Сергиевич Т.В.* Трудовой потенциал и управление трудом в текстильной и швейной промышленности как объекты экономического исследования // Экономическая наука сегодня. – 2017 № 5. С.260...275.

9. Силина А.Ю., Васильева В.Д., Дербишер В.Е. Наукометрический анализ отечественных информационных потоков в текстильной отрасли // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2007, № 9 (35). С. 69...73.
10. Силина А.Ю., Васильева В.Д., Дербишер В.Е. Наукометрический анализ патентов по текстильной тематике // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008 № 4. С. 127...129.
11. Сичкарь Т.В. Экономика сокровищ как показатель культурного и промышленного развития цивилизаций // Костюмология. – 2017, №4. <https://kostumologiya.ru/PDF/02KL417.pdf> (доступ свободный).
12. Ущановский И.В., Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В., Галкин А.В. Системные проблемы льнокомплекса России и зарубежья, возможности их решения // Молочнохозяйственный вестник. – 2017, № 1 (25). С. 166...186.
13. Шестов А.В., Мишаков В.Ю., Шатаева Д.Р., Николаенко Г.Р. Отраслевые аспекты проектирования швейных изделий текстильной и кожевенно-обувной промышленности. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2017.
14. Burzyńska D., Jabłońska M., Dziuba R. Opportunities and conditions for the development of green entrepreneurship in the polish textile sector // Fibres and Textiles in Eastern Europe. – 2018. 26(2). P. 13...19.
15. Cesar da Silva P., Cardoso de Oliveira Neto G., Ferreira Correia J.M., Pujol Tucci H.N. Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries // Journal of Cleaner Production. – 2021. 278,123855.
16. D'Amato D., Veijonaho S., Toppinen A. Towards sustainability? Forest-based circular bioeconomy business models in Finnish SMEs // Forest Policy and Economics. – 2020. 110,101848.
17. De Oliveira Neto, G.C., Ferreira Correia, J.M., Silva, P.C., et al. Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals // Journal of Cleaner Production. – 2019. 228. P.1514...1525.
18. dos Santos P. and Campos L. Practices for garment industry's post-consumer textile waste management in the circular economy context: an analysis on literature // Brazilian Journal of Operations & Production Management. – 2021. 18(1). P. 1...17.
19. Fischer A., Pascucci S. Institutional incentives in circular economy transition: The case of material use in the Dutch textile industry // Journal of Cleaner Production. – 2017. 155. P. 17...32 94
20. Franco M.A. Circular economy at the micro level: A dynamic view of incumbents' struggles and challenges in the textile industry // Journal of Cleaner Production. – 2017. 168. P. 833...845.
21. Hussain H.I., Haseeb M., Kot S., Jermstipparsert K. Non-linear impact of textile and clothing manufacturing on economic growth: The case of top-Asian economies // Fibres and Textiles in Eastern Europe. – 2020. 28(5). P. 27...36.
22. Jia F., Yin S., Chen L., Chen X. The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review // Journal of Cleaner Production. – 2020. 259,120728.
23. Kannan D. Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process // International Journal of Production Economics. – 2018. 195. P. 391...418.
24. Koszewska M. Circular Economy - Challenges for the Textile and Clothing Industry // Autex Research Journal. – 2018.
25. Leal Filho W., Ellams D., Han S., et al. A review of the socio-economic advantages of textile recycling // Journal of Cleaner Production. – 2019. 218. P. 10...20.
26. Liu M., Shadbegian R., Zhang B. Does environmental regulation affect labor demand in China? Evidence from the textile printing and dyeing industry // Journal of Environmental Economics and Management. – 2017. P. 277...294.
27. Moktadir M.A., Kumar A., Ali S.M. et al. Critical success factors for a circular economy: Implications for business strategy and the environment // Business Strategy and the Environment. – 2020. 29(8). P.3611...3635.
28. Nadeem K., Guyer G.T., Keskinler B., Dizge N. Investigation of segregated wastewater streams reusability with membrane process for textile industry // Journal of Cleaner Production. – 2019. 228. P. 1437...1445.
29. Norris L. Urban prototypes: Growing local circular cloth economies // Business History. – 2019. 61(1). P. 205...224.
30. Nunes L.J.R., Godina R., Matias J.C.O., Catalão J.P.S. Economic and environmental benefits of using textile waste for the production of thermal energy // Journal of Cleaner Production. – 2018. 171. P.1353...1360.
31. Ozturk E., Cinperi N.C., Kitis M. Improving energy efficiency using the most appropriate techniques in an integrated woolen textile facility // Journal of Cleaner Production. – 2020. 254,120145.
32. Prashar A. Eco-efficient production for industrial small and medium-sized enterprises through energy optimization: framework and evaluation // Production Planning and Control. – 2021. 32(3). P. 198...212.
33. Qu S., Guo Y., Ma Z., et al. Implications of China's foreign waste ban on the global circular economy // Resources, Conservation and Recycling. – 2019. 144. P. 252...255.
34. Repp L., Hekkert M., Kirchherr J. Circular economy-induced global employment shifts in apparel value chains: Job reduction in apparel production activities, job growth in reuse and recycling activities // Resources, Conservation and Recycling. – 2021. 171,105621.
35. Singh J., Sung K., Cooper T., West K., Mon, O. Challenges and opportunities for scaling up upcycling businesses – The case of textile and wood upcycling businesses in the UK // Resources, Conservation and Recycling. – 2019. 150,104439.
36. Tayyab M., Jemai J., Lim H., Sarkar B. A sustainable development framework for a cleaner multi-item multi-stage textile production system with a pro-

cess improvement initiative // Journal of Cleaner Production. – 2020. 246,119055.

37. Tounés A., Tornikoski E.T., Gribaa F. The Formation of Environmentally Friendly Intentions of SME Owner-Managers in an Emerging Country: The Case of Tunisia's Textile-Clothing Industry // Organization and Environment. – 2019. 32(4). P. 528...554.

38. Tumpa T.J., Ali S.M., Rahman, M.H. et al. Barriers to green supply chain management: An emerging economy context. // Journal of Cleaner Production. – 2019. 236,117617.

39. Wakeford J.J., Gebreyesus M., Ginbo T., et al. Innovation for green industrialisation: An empirical assessment of innovation in Ethiopia's cement, leather and textile sectors // Journal of Cleaner Production. – 2017. 166. P. 503...511.

40. Shakeriaski F., Ghodrati M. & Nelson D.J. Experimental and numerical studies on efficiency characterization of firefighters' protective clothing: a review // The Journal of The Textile Institute. – 2021.

41. Lupu L.G., Grosu M.S., Cramariuc O., Tudorache F., Nastac D.S., Hogas H.I. A cost-effective method for obtaining single magnetic cotton yarns // The Journal of The Textile Institute. – 2021.

REFERENCES

1. Buslaev S.N. Kompleksnye materialy iz khlopka na rossiyskom rynke // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2019, № 49-11. S. 18...21.

2. Gorbashko E.A., Leonov S.A., Malevskaya-Malevich E.D. Vliyaniye tsifrovizatsii ekonomiki na obespecheniye kachestva v tekstil'noy otrasli // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 2. S. 17...22.

3. Ibragimova R.S., Golovkin D.S. Otsenka ekonomicheskogo potentsiala tekstil'noy promyshlennosti na osnove kontseptsii foresight // Sovremennyye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozheniye. – 2018, № 4 (56). S. 128...140.

4. Knobel' A.Yu., Sedalishchev V.V. Riski i vygody dlya EAES ot razlichnykh stsensariy integratsii v Aziatsko-tikhookeanskom regione // Ekonomicheskaya politika. – 2017. T. 12. № 2. S. 72...85.

5. Mishurova I.V., Nikolaev D.V., Nikolaeva N.V., Filimonova N.M. Upravleniye biznes-protsessami predpriyatiya na osnove strategicheskogo i operativnogo ucheta ekonomicheskikh pokazateley // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 3. S. 83...87.

6. Pereborova N.V., Smirnov A.M., Mironova K.V., Barinova Ya.V., Bitureeva D., Gavshin D.A. Povysheniye kachestva produktsii tekstil'noy i legkoy promyshlennosti na osnove informatsionnykh tekhnologiy // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 4: Promyshlennyye tekhnologii. – 2019, № 2. S. 34...44.

7. Petrukhin A.B. Vklad zhurnala v resheniye ekonomicheskikh problem tekstil'noy promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya

Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 4. S. 17...20.

8. Sergievich T.V. Trudovoy potentsial i upravleniye trudom v tekstil'noy i shveynoy promyshlennosti kak ob'ekty ekonomicheskogo issledovaniya // Ekonomicheskaya nauka segodnya. – 2017 № 5. S.260...275.

9. Silina A.Yu., Vasil'eva V.D., Derbisher V.E. Naukometricheskyy analiz otechestvennykh informatsionnykh potokov v tekstil'noy otrasli // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2007, № 9 (35). S. 69...73.

10. Silina A.Yu., Vasil'eva V.D., Derbisher V.E. Naukometricheskyy analiz patentov po tekstil'noy tematike // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2008 № 4. S. 127...129.

11. Sichkar' T.V. Ekonomika sokrovishch kak pokazatel' kul'turnogo i promyshlennogo razvitiya tsivilizatsiy // Kostyumologiya. – 2017, №4. <https://kostumologiya.ru/PDF/02KL417.pdf> (dostup svobodnyy).

12. Ushchapovskiy I.V., Novikov E.V., Basova N.V., Bezbabchenko A.V., Galkin A.V. Sistemnyye problemy Inokompleksa Rossii i zarubezh'ya, vozmozhnosti ikh resheniya // Molochnokhozyaystvennyy vestnik. – 2017, № 1 (25). S. 166...186.

13. Shestov A.V., Mishakov V.Yu., Shataeva D.R., Nikolaenko G.R. Otrasleyve aspekty proektirovaniya shveynykh izdeliy tekstil'noy i kozhevenno-obuvnoy promyshlennosti. – Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga", 2017.

14. Burzyńska D., Jabłońska M., Dziuba R. Opportunities and conditions for the development of green entrepreneurship in the polish textile sector // Fibres and Textiles in Eastern Europe. – 2018. 26(2). P. 13...19.

15. Cesar da Silva P., Cardoso de Oliveira Neto G., Ferreira Correia J.M., Pujol Tucci H.N. Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries // Journal of Cleaner Production. – 2021. 278,123855.

16. D'Amato D., Veijonaho S., Toppinen A. Towards sustainability? Forest-based circular bioeconomy business models in Finnish SMEs // Forest Policy and Economics. – 2020. 110,101848.

17. De Oliveira Neto, G.C., Ferreira Correia, J.M., Silva, P.C., et al. Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals // Journal of Cleaner Production. – 2019. 228. P.1514...1525.

18. dos Santos P. and Campos L. Practices for garment industry's post-consumer textile waste management in the circular economy context: an analysis on literature // Brazilian Journal of Operations & Production Management. – 2021. 18(1). P. 1...17.

19. Fischer A., Pascucci S. Institutional incentives in circular economy transition: The case of material use in the Dutch textile industry // Journal of Cleaner Production. – 2017. 155. P. 17...32 94

20. Franco M.A. Circular economy at the micro level: A dynamic view of incumbents' struggles and challenges in the textile industry // Journal of Cleaner Production. – 2017. 168. P. 833...845.

21. Hussain H.I., Haseeb M., Kot S., Jermstiparsert K. Nonlinear impact of textile and clothing manufacturing on economic growth: The case of top-Asian economies // *Fibres and Textiles in East-ern Europe*. – 2020. 28(5). P. 27...36.
22. Jia F., Yin S., Chen L., Chen X. The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. 259,120728.
23. Kannan D. Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process // *International Journal of Production Economics*. – 2018. 195. P. 391...418.
24. Koszewska M. Circular Economy - Challenges for the Textile and Clothing Industry // *Autex Research Journal*. – 2018.
25. Leal Filho W., Ellams D., Han S., et al. A review of the socio-economic advantages of textile recycling // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. 218. P.10...20.
26. Liu M., Shadbeigian R., Zhang B. Does environmental regulation affect labor demand in China? Evidence from the textile printing and dyeing industry // *Journal of Environmental Economics and Management*. - 2017. R. 277...294.
27. Muktadir M.A., Kumar A., Ali S.M. et al. Critical success factors for a circular economy: Implications for business strategy and the environment // *Business Strategy and the Environment*. – 2020. 29(8). P.3611...3635.
28. Nadeem K., Guyer G.T., Keskinler B., Dizge N. Investigation of segregated wastewater streams reusability with membrane process for textile industry // *Journal of Cleaner Production*. - 2019. 228. P. 1437...1445.
29. Norris L. Urban prototypes: Growing local circular cloth economies // *Business History*. – 2019. 61(1). P. 205...224.
30. Nunes L.J.R., Godina R., Matias J.C.O., Catalão J.P.S. Economic and environmental benefits of using textile waste for the production of thermal energy // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. 171. P.1353...1360.
31. Ozturk E., Cinperi N.C., Kitis M. Improving energy efficiency using the most appropriate techniques in an integrated woolen textile facility // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. 254,120145.
32. Prashar A. Eco-efficient production for industrial small and medium-sized enterprises through energy optimization: framework and evaluation // *Production Planning and Control*. – 2021. 32(3). P. 198...212.
33. Qu S., Guo Y., Ma Z., et al. Implications of China's foreign waste ban on the global circular economy // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2019. 144. P.252...255.
34. Repp L., Hekkert M., Kirchherr J. Circular economy-induced global employment shifts in apparel value chains: Job reduction in apparel production activities, job growth in reuse and recycling activities // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2021. 171,105621.
35. Singh J., Sung K., Cooper T., West K., Mon, O. Challenges and opportunities for scaling up upcycling businesses – The case of textile and wood upcycling businesses in the UK // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2019. 150,104439.
36. Tayyab M., Jemai J., Lim H., Sarkar B. A sustainable development framework for a cleaner multi-item multi-stage textile production system with a process improvement initiative // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. 246,119055.
37. Tounés A., Tornikoski E.T., Gribaa F. The Formation of Environmentally Friendly Intentions of SME Owner-Managers in an Emerging Country: The Case of Tunisian's Textile–Clothing Industry // *Organization and Environment*. – 2019. 32(4). P. 528...554.
38. Tumpa T.J., Ali S.M., Rahman, M.H. et al. Barriers to green supply chain management: An emerging economy context. // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. 236,117617.
39. Wakeford J.J., Gebreyesus M., Ginbo T., et al. Innovation for green industrialisation: An empirical assessment of innovation in Ethiopia's cement, leather and textile sectors // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. 166. P. 503...511.
40. Shakeriaski F., Ghodrati M. & Nelson D.J. Experimental and numerical studies on efficiency characterization of firefighters' protective clothing: a review // *The Journal of The Textile Institute*. – 2021.
41. Lupu L.G., Grosu M.S., Cramariuc O., Tudorache F., Nastac D.S., Hogas H.I. A cost-effective method for obtaining single magnetic cotton yarns // *The Journal of The Textile Institute*. – 2021.

Рекомендована кафедрой экономики и менеджмента РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 10.06.22.

УДК 338.1

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_18

**ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА ПРЕДПРИЯТИЙ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
НА ТРАЕКТОРИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
В УСЛОВИЯХ ВОЛАТИЛЬНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ***

**PROBLEMS OF THE TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES TRANSITION
ON THE TRAJECTORY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT
IN THE CONDITIONS OF VOLATILITY AND UNCERTAINTY**

А.А. ЮССУФ, И.И. САВЕЛЬЕВ, Н.С. ВОЛОСТНОВ

A.A. YUSSUF, I.I. SAVELEV, N.S. VOLOSTNOV

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

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

E-mail: an.yussuf@yandex.ru, sii-33@mail.ru

Статья посвящена выявлению основных проблем, препятствующих устойчивому развитию предприятий текстильной промышленности, поиску путей их преодоления. С учетом характеристики бизнес-среды функционирования современной организации предложены рекомендации не только по адаптации к технологическим новациям, но и изменению менеджериального подхода. Особое внимание уделено важнейшему фактору перехода на траекторию устойчивого развития в условиях волатильности и неопределенности внешней среды – экосистемности в управлении предприятием. Создание и развитие локальных экосистем способно обеспечить как устойчивый успех отдельного предприятия текстильной промышленности, так и поступательное устойчивое развитие текстильной отрасли на национальном уровне в целом.

* 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.

The article is devoted to identifying the main problems that hinder the sustainable development of enterprises in the textile industry, finding ways to overcome them. Taking into account the characteristics of the business environment for the functioning of a modern organization, recommendations are proposed not only for adapting to technological innovations, but also for changing the managerial approach. Particular attention is paid to the most important factor in the transition to the trajectory of sustainable development in the conditions of volatility and uncertainty of the external environment - ecosystems in the management of an enterprise. The creation and development of local ecosystems can ensure both the sustainable success of an individual enterprise and the progressive sustainable development of the textile industry at the national level as a whole.

Ключевые слова: текстильная отрасль, текстильная промышленность, развитие, устойчивое развитие, концепция устойчивого развития, проблемы устойчивого развития, экосистема, неопределенность среды.

Keywords: textile industry branch, textile industry, development, sustainable development, sustainable development concept, sustainable development problems, ecosystem, environmental uncertainty.

Введение

Мир становится все более турбулентным, волатильным и неопределенным. Современная эпоха VUCA¹, характеризующаяся постоянной изменчивостью? пришла на смену устойчивой и предсказуемой SPOD² – среде под влиянием активных процессов цифровизации всех сфер жизни, развивающихся информационных технологий, сближающих и интегрирующих реальное и виртуальное, информационное пространство. Глобальные потрясения, пандемия – новые вызовы и угрозы только актуализируют и усложняют поиск решений для обеспечения устойчивого развития предприятий текстильной промышленности³. В таких условиях важнейшую роль играет региональная политика, эффективное стратегическое территориальное планирование. Но без изменения традиционного менеджериального подхода к управлению на уровне отдельных предприятий невозможно достичь стратегических целей развития отрасли в целом, а именно – "...создание в России устойчиво развивающейся легкой

промышленности, интегрированной в мировую систему разделения труда и основанную на естественных конкурентных преимуществах страны" (согласно проекту Стратегии развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 г. [8]). Таким образом, переход предприятий текстильной промышленности на путь устойчивого развития в условиях неопределенности – очевидно, необходимая и сложнейшая задача, решение которой может стать реальным шансом не только значительно повысить эффективность производственной деятельности, но и обеспечить высокий уровень конкурентоспособности, снизить зависимость благополучия страны от волатильности сырьевого сектора .

Объект и методика

Для понимания траекторий движения текстильных предприятий на пути к устойчивости, определения целевых ориентиров развития с учетом современных вызовов и угроз представляется необходимым уточнение содержания понятия "устойчивое развитие" [17].

¹ VUCA - аббревиатура слов *volatility, uncertainty, complexity* и *ambiguity* (нестабильность, неопределенность, сложность и неоднозначность), используемых для описания неопределенных условий и ситуаций.

² SPOD - аббревиатура слов *steady, predictable, ordinary* и *definite* (устойчивый, предсказуемый, простой и определенный), используемых для описания простых и однозначных условий и ситуаций.

³ Текстильная промышленность – группа отраслей легкой промышленности, занятых переработкой растительных (хлопок, лен, джут и др.), животных (шерсть, шелк коконов шелкопряда), искусственных и синтетических волокон в пряжу, нити, ткани [3].

Концепция устойчивого развития, определяемая как "развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности" [4] общепризнана. Согласно этой концепции предусматривается возможность долгосрочного развития по экономическому, экологическому и социальному направлениям, с сохранением ресурсного потенциала природы и вводится ответственность за действия, ведущие к негативным последствиям для сегодняшних и будущих поколений.[17]

Принятие идей и принципов устойчивого развития на глобальном, национальном, а затем и на локальном (региональном) уровне привело к необходимости обеспечения устойчивости на уровне отдельных компаний. В настоящее время обеспечение устойчивого развития все больше "встраивается" в систему КСО [17] и направлено на достижение целей социальной, экономической, технологической и экологической эффективности компании при одновременном снижении отрицательных социально-экологических последствий ее деятельности.

В мире происходят кардинальные трансформации, внутренняя и внешняя среда предприятий меняются под влиянием активной цифровизации экономики. Информация, информационные технологии превращаются в один из ключевых факторов производства и обуславливают необходимость дополнения триединой цели устойчивого развития, известной как концепция триединого итога Дж. Элкингтон (экологической целостности, экоэффективности и экосправедливости) [13] новым ориентиром – цифровой стабильностью. Подтверждает необходимость актуализации концепции устойчивого развития и мнение экспертов мировых консалтинговых компаний о более высоком уровне конкурентоспособности организаций, устойчивых именно в своем цифровом развитии.

Без адаптации и внедрения современных цифровых технологий во все бизнес-процессы невозможно представить успех организации текстильной отрасли. Настоящее и будущее современного произ-

водственного предприятия зависит от скорости вхождения в современный формат экономики, от встраивания в концепцию всеобщей цифровизации. Затрудняют такой переход на траекторию устойчивого развития традиционные отраслевые барьеры и ограничения.

Проблематике современного состояния российских предприятий текстильного производства посвящено немало исследований. Среди основных системных проблем эксперты [1...3], [5...7], [10], [16] отмечают: техническую и технологическую отсталость, что приводит к неконкурентоспособности создаваемых товаров; высокую степень износа основных фондов; дефицит квалифицированных специалистов; слабый менеджмент и отсутствие современных автоматизированных систем производства и управления; конкуренцию с контрафактной продукцией; зависимость от импорта сырья; отсутствие отечественных средств производства и сопутствующей фурнитуры. Незначительный объем инвестиций в модернизацию текстильной отрасли, недостаточное внимание и поддержка государства – также причины, препятствующие устойчивому росту и развитию текстильных предприятий. Данные о динамике инвестиций за 2016-2018 гг. в основной капитал обрабатывающих производств в млрд. руб. (табл. 1) показывают хотя и некоторые положительные тенденции (рост в 2018 г. на 13% по сравнению с 2017 г. и почти на 64% по сравнению с 2016 г.), но объемы капиталовложений в производство текстильных изделий в абсолютных значениях существенно отстают от аналогичного показателя других производств.

Представляется, что обозначенные проблемы успешного функционирования и перехода на путь устойчивого развития предприятий текстильной промышленности только усугубятся. Как и многие другие, рассматриваемая отрасль находится под очевидным влиянием кризисных явлений в экономике, вызванных пандемией COVID-19, причем текстильная и швейная промышленность потенциально имеют возможность быть включенными в список наиболее пострадавших от коронавируса отраслей [9].

Т а б л и ц а 1

Годы Виды деятельности	2016	2017	2018	Темп роста (снижения), % (2018/2017)	Темп роста, % (2018/2016)
Производство текстильных изделий	6,9	10,0	11,3	113	164
Производство табачных изделий	15,6	14,4	17,6	122	113
Производство бумаги и бумажных изделий	51,7	69,5	86,4	124	167
Производство кокса и нефтепродуктов	385,8	447,1	443,6	99	115
Производство химических веществ и химических продуктов	367,8	424,8	498,6	117	136

Пр и м е ч а н и е. Источник: составлено авторами на основе [12].

Современный рынок текстильной промышленности – это неустойчивая динамичная система [15], состояние которой постоянно зависит не только от государственной поддержки, но и от соотношения и степени влияния заказчиков, поставщиков, новых участников, новой альтернативной продукции, инфраструктуры текстильного производства, социально-экономических и технологических тенденций. Интенсификация смены ассортимента выпускаемой продукции, ускорение модных циклов (fast fashion), обуславливающие динамизм и неустойчивость рынка текстильной промышленности, требуют от компаний отрасли повышения скорости выполнения производственных заказов, движения товара от производителя к потребителю, а также продуктового разнообразия.

Неопределенность и волатильность внешней среды, активная диджитализация оказывают огромное влияние на производственные и управленческие бизнес-процессы предприятий текстильной промышленности. Учитывая, что важный вектор развития текстильного производства [15] – клиентоориентированность, понимание особенностей бизнеса заказчика, выстраивание эффективных коммуникаций с различными группами стейкхолдеров для достижения положительных синергетических эффектов, текстильной промышленности

необходимо активнее внедрять и эффективно использовать цифровые технологии и платформы, достижения Индустрии 4.0, а именно создания "умного", технического и функционального текстиля, цифровой печати на ткани, технологий текстильной обработки, использования технологий Big Data, AI в создании систем управления спросом и др.

Стоит отметить важность не только цифрового соответствия существующим технологиям, но и возможности компаний изменяться и адаптироваться к изменениям современной цифровой экономики системно и на постоянной основе. Цифровая устойчивость – это способность процветать в постоянно меняющемся цифровом мире. Как отмечает Мелисса Свифт, руководитель группы корпоративных цифровых решений Korn Ferry Hay Group [20], "...лидеры должны признать, что с огромной скоростью появления новых продуктов, услуг и брендов на рынке, компаниям необходима не просто разовая трансформация, а трансформация перманентная".

Результаты исследований

Для обеспечений устойчивого развития в долгосрочной перспективе предприятиям текстильной промышленности уже недостаточно просто идти в ногу с новейшими технологиями. Для успеха в эру цифровой экономики и неопределенности будущего

необходима интеграция способности к постоянным трансформациям в корпоративную стратегию и культуру каждой компании. Главные признаки устойчивости – это "адаптивность, длительность конкурентных преимуществ, отсутствие противоречия между текущими и будущими целями деятельности, учет интересов всех акторов и общества в целом" [11].

Для успешного перехода на траекторию устойчивого развития в условиях турбулентности, новых вызовов и угроз менеджменту нужны не только фундаментальные управленческие знания и навыки, но и новые методы, методики и инструменты управления, новый менеджериальный подход. Представляется, что таким ответом на потребность в эффективном управлении развитием предприятий текстильной промышленности в условиях высокой неопределенности является экосистемность, построение новой организационной модели на основе экосистемного подхода. Понятие экосистемы достаточно широкое и имеет множественность трактовок. Эксперты Deloitte Consulting [18] отмечают, что согласно концепции "business ecosystems", экосистемы – это сообщества (институциональные пространства) различных акторов, динамично развивающихся за счет синергетических эффектов, основанных как на моделях сотрудничества, так и конкуренции. Этого же определения придерживаются эксперты BCG Henderson Institute [21] и авторы статьи.

Ввиду изменения характера взаимодействия предприятий со своим ближайшим окружением (расширяются объекты взаимодействия не только с предприятием, но и в рамках жизненного цикла товара) и невозможности разработки эффективных стратегических планов в VUCA-мире, актуализируется экосистемное взаимодействие между стейкхолдерами – участниками текстильного рынка. Кроме того, как отмечают исследователи вопроса цифровых инноваций в текстильной промышленности [19], чтобы создаваемые прорывные инновации были должным образом восприняты рынком, нужна развитая экосистема инноваций, объединяющая производственные

системы и технологические комплексы, организации и компании, тесно сотрудничающие в сети.

В экосистему должны входить (рис.1 – структурные элементы бизнес-экосистемы текстильной промышленности; составлено авторами на основе [19]) и научно-исследовательские центры, и профильные учреждения высшего и профессионального образования, и предприятия-производители текстильной продукции (как представители крупного, малого и среднего бизнеса, так и микробизнеса), и национальные ассоциации, союзы текстильной промышленности, и институты поддержки коммерциализации инноваций, и финансовые организации, и информационные площадки.



Рис.1

К важнейшим преимуществам такого экосистемного сотрудничества можно отнести:

- развитие технологических инноваций (продуктовой и процессной направленности);
- развитие возможностей научно-технологического прогнозирования рынка текстильной промышленности, выявление перспективных инновационных продуктов и услуг;
- фокус заинтересованных сторон на общем результате, исключение неконструктивного соперничества;
- риски и ответственность разделяются и управляются совместно, что снижает конфронтацию между участниками;
- объединение усилий предприятий и ориентация на бизнес-результат способ-

ствуют повышению ценности и конкурентоспособности продукции;

– "словом перегоронок" между основными участниками уничтожает долгие и затратные дискуссии между ними;

– трансформация бизнес-процессов и изменение корпоративной культуры под воздействием экосистемности способствует "встраиванию" стремления к цифровому лидерству в идеологию организаций;

– увеличение притока инвестиций для технической и технологической модернизации;

– общий вектор устойчивого развития предприятий – участников экосистемы способствует повышению заинтересованности в улучшении экологической ситуации на той территории, где они расположены.

В результате появляется реальная возможность создания экосистем (экосистем прорывных цифровых инноваций [19]) для усиления инновационного потенциала текстильных предприятий и формирования новых управленческих и производственных компетенций для отрасли, что в итоге способствует достижению стратегической цели устойчивого развития легкой промышленности России.

ВЫВОДЫ

Современный мир в целом и каждый человек в отдельности при существующем технологическом прогрессе, развитии цифрового общества становится более и более уязвимым. Объемы информации и знаний экспоненциально растут, в то время как допустимое время использования этих знаний сокращается. Скорость становится решающим конкурентным преимуществом в борьбе за успех, борьбе не за выживание, а за возможность достигать организационной эффективности. Реакция на изменения во внешней среде должна быть молниеносной, управленческие решения должны приниматься с большей скоростью, а результаты достигаться за меньший период времени. Руководствуясь системным подходом, именно экосистемность, как новый менеджериальный подход, будет способствовать решению проблем перехода на путь

устойчивого развития, достижению баланса между развитием в социальном, экономическом, экологическом и цифровом направлениях в условиях волатильности и неопределенности внешней среды не только для отдельного предприятия, но и для отрасли в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абуталинова Ю.А.* Тенденции развития предприятий легкой промышленности в рамках технологической платформы // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2017, № 10. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2017/10/15287> (дата обращения: 14.09.2020).

2. *Алиева В.В., Генералова А.В.* Обзор легкой промышленности России: отечественный опыт поддержки отраслевых предприятий // Экономические исследования. – 2018, №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-legkoy-promyshlennosti-rossii-otechestvennyy-opyt-podderzhki-otraslevykh-predpriyatiy> (дата обращения: 10.10.2020).

3. *Бутов А.М.* Рынок продукции текстильного производства. – 2017. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2017/08/30/1173968035/202017.pdf> (дата обращения: 04.09.2020).

4. *Гизатуллин Х.Н., Троицкий В.А.* Концепция устойчивого развития: новая социально-экономическая парадигма // Общественные науки и современность. – 1998, №5, С. 124...130.

5. *Горбашко Е.А., Леонов С.А., Малевская-Малевич Е.Д.* Современное состояние и перспективные тенденции текстильной отрасли легкой промышленности России // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 1. С. 23...28.

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

7. *Ибрагимова Р.С.* Проблемы долгосрочного роста текстильной и швейной промышленности России // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2019. Том 14, № 4. С. 617...636.

8. Концепция развития легкой промышленности (основные положения стратегии развития легкой промышленности РФ до 2025 года). URL: [https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Kontseptsiya_razvitiya_legkoy_promyshlennosti\[2\].pdf](https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Kontseptsiya_razvitiya_legkoy_promyshlennosti[2].pdf) (дата обращения: 14.09.2020).

9. Легкая промышленность может войти в список пострадавших отраслей (2020) // Российская газета. Рубрика: Экономика. URL: <https://rg.ru/2020/04/30/legkaia-promyshlennost-mozhet-voiti-v-spisok-postradavshih-otraslej.html> (дата обращения: 24.09.2020).

10. *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.

11. Нехода Е.В., Редчигова Н.А., Тюленев Н.А. Бизнес-модели компаний: от прибыли к устойчивому развитию и созданию ценности // Управленец. – 2018. Том 9, №4. С. 9...19

12. Промышленное производство в России. Статистический сборник. 2019. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_proiz-vo2019.pdf (дата обращения: 10.09.2020).

13. Управление устойчивым развитием / Под ред. А.В. Трачука. – СПб.: ООО "Издательский дом "Реальная экономика" 2015.

14. Устав Ассоциации "Технологическая платформа "Текстильная и легкая промышленность"" URL: <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=91513> (дата обращения: 18.09.2020).

15. Федосова Р.Н., Хейфиц Б.И., Юссуф А.А. Механизм обеспечения устойчивого развития предприятий текстильной промышленности в условиях цифровой экономики (инновационный сценарий) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 5. С. 70...75.

16. Шевченко И. К., Развадовская Ю. В., Марченко А. А. Текстильная промышленность в России: история и современность // Terra Economicus. – 2019. 17(1), 131–149. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-1-131-149

17. Юссуф А.А. Целевые ориентиры компании на пути к устойчивому развитию в условиях цифровизации // Стратегические решения и риск-менеджмент. – СПб.: ИД "Реальная экономика", – 2020.

18. Business ecosystems come of age (2015) URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/platform-strategy-new-level-business-trends/DUP_1048-Business-ecosystems-come-of-age_MASTER_FINAL.pdf (дата обращения: 10.05.2020).

19. Digilina O.B., Teslenko I.B., Abdullaev N.V., Ruzina E.I. (2020) Ecosystem of Disruptive Digital Innovations in the Textile Industry. In: Popkova E. (eds) Growth Poles of the Global Economy: Emergence, Changes and Future Perspectives. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 73. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15160-7_131

20. Korn Ferry оценила цифровую устойчивость компаний в России и в мире URL: <https://www.it-week.ru/idea/news-company/detail.php?ID=198433> (дата обращения: 14.09.2020).

21. Ulrich Pidun, Martin Reeves, and Maximilian Schüssler. Do You Need a Business Ecosystem? (2019) URL: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/people/experts/ulrich-pidun> (дата обращения: 19.09.2020).

REFERENCES

1. Abutalipova Yu.A. Tendentsii razvitiya predpriyatij legkoy promyshlennosti v ramkakh tekhnologicheskoy platformy // Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh tekhnologiy. – 2017, № 10. URL:

<http://ekonomika.snauka.ru/2017/10/15287> (data obrashcheniya: 14.09.2020).

2. Alieva V.V., Generalova A.V. Obzor legkoy promyshlennosti Rossii: otechestvennyy opyt podderzhki otraslevykh predpriyatij // Ekonomicheskie issledovaniya. – 2018, №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-legkoy-promyshlennosti-rossii-otechestvennyy-opyt-podderzhki-otraslevykh-predpriyatij> (data obrashcheniya: 10.10.2020).

3. Butov A.M. Rynok produktsii tekstil'nogo proizvodstva. – 2017. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2017/08/30/1173968035/202017.pdf> (data obrashcheniya: 04.09.2020).

4. Gizatullin Kh.N., Troitskiy V.A. Kontseptsiya ustoychivogo razvitiya: novaya sotsial'no-ekonomicheskaya paradigma // Obshchestvennye nauki i sovremennost'. – 1998, №5, S. 124...130.

5. Gorbashko E.A., Leonov S.A., Malevskaya-Malevich E.D. Sovremennoe sostoyanie i perspektivnyye tendentsii tekstil'noy otrasli legkoy promyshlennosti Rossii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 1. S. 23...28.

6. Dmitriev Yu.A., Petrukhin A.B., Shustrov L.I., Shustrov T.L. Sozdanie klasterov – vazhneyshiy faktor pod"ema tekstil'noy i legkoy promyshlennosti regiona // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 4. S. 9...14.

7. Ibragimova R.S. Problemy dolgosrochnogo rosta tekstil'noy i shveynoy promyshlennosti Rossii // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika. – 2019. Tom 14, № 4. S. 617...636.

8. Kontseptsiya razvitiya legkoy promyshlennosti (osnovnye polozheniya strategii razvitiya legkoy promyshlennosti RF do 2025 goda). URL: [https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Kontseptsiya_razvitiya_legkoy_promyshlennosti\[2\].pdf](https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Kontseptsiya_razvitiya_legkoy_promyshlennosti[2].pdf) (data obrashcheniya: 14.09.2020).

9. Legkaya promyshlennost' mozhet voyti v spisok postradavshikh otrasley (2020) // Rossiyskaya gazeta. Rubrika: Ekonomika. URL: <https://rg.ru/2020/04/30/legkaia-promyshlennost-mozhet-voyti-v-spisok-postradavshih-otraslej.html> (data obrashcheniya: 24.09.2020).

10. Lovkova E.S., Savel'ev I.I., Mishchenko V.I., Il'larionov 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.

11. Nekhoda E.V., Redchikova N.A., Tyulenev N.A. Biznes-modeli kompanii: ot pribyli k ustoychivomu razvitiyu i sozdaniyu tsennosti // Upravlenets. – 2018. Tom 9, №4. S. 9...19

12. Promyshlennoe proizvodstvo v Rossii. Statisticheskiy sbornik. 2019. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_proiz-vo2019.pdf (data obrashcheniya: 10.09.2020).

13. Upravlenie ustoychivym razvitiem / Pod red. A.V. Trachuka. – SPb.: ООО "Izdatel'skiy dom "Real'naya ekonomika" 2015.

14. Ustav Assotsiatsii "Tekhnologicheskaya platforma "Tekstil'naya i legkaya promyshlennost'" URL: <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=91513> (data obrashcheniya: 18.09.2020).

15. Fedosova R.N., Kheyfits B.I., Yussuf A.A. Mekhanizm obespecheniya ustoychivogo razvitiya predpriyatiy tekstil'noy promyshlennosti v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki (innovatsionnyy stsenariy) // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 5. S. 70...75.

16. Shevchenko I. K., Razvadovskaya Yu. V., Marchenko A. A. Tekstil'naya promyshlennost' v Rossii: istoriya i sovremennost' // Terra Economicus. – 2019. 17(1), 131–149. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-1-131-149

17. Yussuf A.A. Tselevye orientiry kompanii na puti k ustoychivomu razvitiyu v usloviyakh tsifrovizatsii // Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment. – SPb.: ID "Real'naya ekonomika", – 2020.

18. Business ecosystems come of age (2015) URL: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/platform-strategy-new-level-business-](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/platform-strategy-new-level-business-trends/DUP_1048-Business-ecosystems-come-of-age_MASTER_FINAL.pdf)

trends/DUP_1048-Business-ecosystems-come-of-age_MASTER_FINAL.pdf (data obrashcheniya: 10.05.2020).

19. Digilina O.B., Teslenko I.B., Abdullaev N.V., Ruzina E.I. (2020) Ecosystem of Disruptive Digital Innovations in the Textile Industry. In: Popkova E. (eds) Growth Poles of the Global Economy: Emergence, Changes and Future Perspectives. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 73. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15160-7_131

20. Korn Ferry otsenila tsifrovuyu ustoychivost' kompaniy v Rossii i v mire URL: <https://www.it-week.ru/idea/news-company/detail.php?ID=198433> (data obrashcheniya: 14.09.2020).

21. Ulrich Pidun, Martin Reeves, and Maximilian Schüssler. Do You Need a Business Ecosystem? (2019) URL: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/people/experts/ulrich-pidun> (data obrashcheniya: 19.09.2020).

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВлГУ имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 22.03.22.

УДК 331

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_25

ТРУДОВОЙ КОМПОНЕНТ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

LABOUR COMPONENT IN THE ECONOMIC SECURITY OF THE IVANOVO REGION TEXTILE ENTERPRISES

И.Ю. ШАХОВА, С.Н. СПЕРАНСКИЙ, ТЕМЕРБААТАРЫН АМАРЖАРГАЛАН

I.YU. SHAKHOVA, S.N. SPERANSKY, TUMURBAATAR AMARJARGALAN

(Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (Ивановский филиал),
Монгольский университет технологии и дизайна, Монголия)

(Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov (Ivanovo branch),
Mongolian University of Science and Technology, Mongolia)

E-mail: shakhova.ira@yandex.ru, spira1971@mail.ru, tamarjargalan@yahoo.com

В статье исследуется экономическая безопасность региона с точки зрения значимости трудового компонента. Актуальность исследования обусловлена важностью человеческого фактора в современных социально-экономических трансформациях, потребностями отечественной экономики в новых технологиях и увеличении темпов развития инновационных методов экономического развития. В условиях сокращения численности рабочей силы решение этих проблем связано с успехом развития передовых методов управления. Проведенное исследование позволило выявить ключевые проблемы Ивановской области в рамках экономической безопасности. В комплексной системе оценки трудового компонента экономической безопасности Ивановской области использовался потоковый подход. Характеристиками потока ресурсов были выбраны: мощность, реновация, конф-

ликтность, интенсивность и эффективность потока ресурсов. Алгоритм оценки трудовой безопасности в регионе включал в себя последовательный анализ показателей каждой характеристики потока ресурсов. Анализ показателей проводился с использованием статистических методов: цепного и базисного. Для анализа состояния и динамики трудового компонента экономической безопасности Ивановской области были использованы относительные и абсолютные показатели за период 2000-2020 г.г. На основе выполненных исследований были определены два ключевых показателя блока "Эффективность" трудового компонента экономической безопасности Ивановской области: индекс производительности труда, отношение темпов роста заработной платы к темпам роста производительности труда. Мероприятия, предложенные в работе, позволят улучшить трудовой компонент экономической безопасности Ивановской области.

The article examines the economic security of the region from the point of view of the labor component importance. The relevance of the research is due to the importance of the human factor in modern socio-economic transformations, the needs of the domestic economy in new technologies and an increase in the pace of innovative methods advancement of economic development. In the context in the number of workers reduction, the solution of these problems is associated with the success of the advanced management methods development. The conducted research made it possible to identify the key problems of the Ivanovo region within the framework of economic security. The flow approach was used in the comprehensive system of assessing the labor component of the Ivanovo region economic security. The characteristics of the resource flow were chosen: capacity, renovation, conflict, intensity and efficiency. The algorithm for assessing labour security in the region included a sequential analysis of each characteristic indicators of the resource flow. The analysis of the indicators was carried out using statistical methods: chain and basic. To analyze the state and the dynamics of the labour component of the Ivanovo region economic security, relative and absolute indicators were used for the period 2000-2020. Based on the studies performed, two key indicators of the "Efficiency" block of the labour component of the Ivanovo region economic security were determined: the labour productivity index, the ratio of wage growth rates to labour productivity growth rates. The measures proposed in the work will improve the labour component of the Ivanovo region economic securit.

Ключевые слова: экономическая безопасность Ивановской области, трудовой компонент, потоковый подход, эффективность потока ресурсов, производительность труда, темпы роста заработной платы.

Keywords: economic security of the Ivanovo region, labour component, flow approach, resource flow efficiency, labour productivity, wage growth rates.

На данный момент трудовая безопасность занимает одно из ведущих мест в системе региональной экономической безопасности. В связи с ростом внутренних и внешних рисков и угроз, которые осложняют достижение положительной экономической динамики региона, актуальной в теории и практике является проблема обес-

печения трудовой безопасности региона [11]. В настоящее время неоспоримым фактом является то, что важным условием для устойчивого экономического развития региона служит активная и управляемая трудовая деятельность.

Актуальность рассматриваемой проблематики состоит в том, что современная рос-

сийская экономика характеризуется актуализацией человеческого фактора, что обусловлено коренными изменениями в социально-экономической основе, востребованностью отечественной экономики в новых технологиях и увеличением темпов развития инновационных методов экономического развития [7], [10]. В условиях сокращения численности рабочей силы решение этих проблем связано с успехом развития передовых методов управления, ключом к которым является человеческий фактор.

Важнейшим критерием экономической эффективности является увеличение эффекта от вложений в человеческий потенциал региона и страны в целом. Такие влияния создадут базу для социально-экономического развития всей государственной системы и ее субъектов разного уровня [5], [6].

Перспективное развитие региона сегодня, в первую очередь, зависит от его обеспеченности активными, мобильными и перспективными трудовыми ресурсами, способными быстро адаптироваться к тем динамичным переменам, которые возникают на современном рынке. Причем вышеназванные характеристики трудового потенциала не обязательно будут "врожденными", иными словами, зависят от интеллекта, ума, творческой составляющей, навыков и физических возможностей человека. В значительной мере эти характеристики подкрепляются и стимулируются той системой управления, в которой работает человек.

Почему возникла необходимость обсуждения трудового компонента экономической безопасности? На сегодняшний день трудовая безопасность представляет собой архизначимый компонент, обеспечивающий безопасное функционирование любого экономического субъекта. Но всегда надо помнить о том, что именно этот компонент может быть носителем угроз и опасностей.

Понятие трудовой безопасности следует изучать с различных углов зрения.

Так, если подойти к этому вопросу с точки зрения региональной кадровой политики, то здесь во главу должны быть пос-

тавлены вопросы сохранения, защиты, обеспечения конкурентоспособности собственных действующих и потенциальных кадров. Способ достижения этой цели – изменение подходов в подготовке и переподготовке профессиональных кадров. Достичь этого можно только совместными усилиями образовательных организаций и работодателей [3].

В случае рассмотрения проблемы с точки зрения предприятия, то здесь важно четко проработать мероприятия по управлению рисками, которые могут вызвать угрозы, опасности, негативные экономические последствия для работников [4], [6], [8], [9].

Существуют следующие методы оценки трудовой безопасности: системный, процессный, индикаторный, ресурсно-функциональный и причинный.

По мнению специалистов, занимающихся изучением данного вопроса, наиболее приемлемыми для оценки трудовой безопасности являются индикаторный и ресурсно-функциональный подходы [1], [2], [11].

Названные выше методы оценки трудового компонента экономической безопасности региона имеют свои достоинства и недостатки, используют разные показатели и эффективно оценивают трудовой компонент экономической безопасности. Выбор конкретного подхода для оценки трудового компонента зависит от региона и ситуации, которая в нем складывается.

Так, в качестве исследуемого региона была выбрана Ивановская область [15]. Для анализа состояния и динамики трудового компонента экономической безопасности использованы показатели потокового подхода: мощность, реновация, конфликтность, интенсивность и эффективность.

Рассмотрим первый блок – "Мощность потока". На данный момент население Ивановской области постоянно сокращается. Это происходит вследствие естественной убыли населения, выбытия из региона молодого населения, снижения средней продолжительности жизни населения, а также проживания в регионе более возрастного населения. Основная причина выбытия населения – низкий уровень доходов.

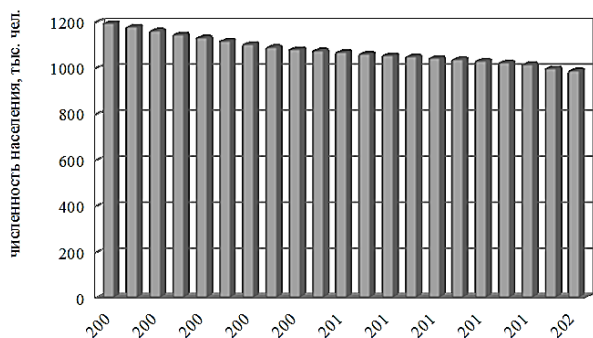


Рис. 1

Анализ показывает (рис. 1 – динамика численности населения Ивановской области за 2000-2020 гг.), что численность населения в Ивановской области имеет явную тенденцию к снижению. С 2000 по 2020 годы снижение, вычисленное цепным способом, было менее 2% ежегодно. Наиболее

существенное изменение выявлено при расчете базисным способом: снижение численности населения до 2006 г. было менее 10%, а в 2007-2020 гг. – более 10%. Таким образом, в Ивановской области сохраняются тенденции естественной убыли населения и уменьшение численности населения трудоспособного возраста.

Далее в табл. 1 представлены сведения по численности занятого населения по основным видам экономической деятельности. Для расчетов использовался краткий статистический сборник Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Ивановской области "Ивановская область в цифрах" за 2021 год [15]. Данные представлены с учетом двух общероссийских классификаторов ОК 029-2001 и ОКВЭД-2 [16].

Т а б л и ц а 1

Год	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство *	Строительство *	Оптовая и розничная торговля; ремонт транспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования*	Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное страхование *	Образование	Здравоохранение и предоставление социальных услуг*	Обрабатывающие производства
2000	33,2	11,2	27,3	23,9	45,3	37,1	35,04
2005	19,7	9,3	21,9	22,7	40,7	33,7	29,33
2010	10,6	12,0	27,9	31,0	38,1	32,3	16,44
2015	7,4	11,3	37,0	25,6	32,6	30,2	21,73
2019	5,3	7,9	37,8	23,9	30,0	28,7	20,53
2020	5,4	8,5	33,0	23,6	29,4	28,6	21,49

П р и м е ч а н и е. * Источник: URL: <https://ivanovo.gks.ru>.

Анализ динамики численности работников предприятий и организаций Ивановской области показал, что в период с 2000 по 2014 гг. наблюдается явное преимущество работников сферы образования. С 2015 года наиболее популярной становится вид деятельности по оптовой и розничной торговле, ремонту автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования. Резко снизилось свои темпы к 2019 г. сельскохозяйственное направление. Количество работников в сфере обрабатывающих производств достигло своего минимального значения в 2010 г. Однако к 2020 г. ситуация

исправилась в положительную сторону. Таким образом, становится очевидным, что явное преимущество в нашем регионе имеет деятельность по оптовой и розничной торговле.

Реновация – это показатель обновления (улучшения) потока. Он характеризует стабильность объема потока. Так, коэффициент рождаемости в Ивановской области был больше 1 в 2008-2016 гг., но в 2017 г. он снова упал ниже 1 и в 2020 г. составил 0,76.

Очевидно, что наименьшее значение коэффициента рождаемости приходится на 2000 г. – всего 6,7 младенцев на 1000

человек населения. После наблюдается нестабильный рост этого показателя к 2015 г. – до 11,4 %. Однако за последние пять лет отмечается падение рождаемости. В 2020 г. этот коэффициент составил 7,6%.

В связи с этим следует учитывать такую значимую медико-демографическую характеристику здоровья населения и качества здравоохранения, как уровень младенческой смертности. И, конечно, в условиях низкого уровня рождаемости стоит задача сохранения жизни и здоровья новорожденных.

Одним из главных факторов динамики уровня демографической безопасности является динамика показателей смертности. В 2003 году этот показатель был максимальным. В последующие периоды, а именно с 2008 года по 2019 год, отмечается его снижение. Но, тем не менее, он остается одним из самых высоких в России.

Общий коэффициент смертности зависит и от возрастной структуры населения. В последние годы это влияние было неблагоприятным, так как увеличивались число и доля пожилых людей, что и ведет к росту общего числа умерших.

Конфликтность потока характеризует степень дестабилизации потока. Одним из показателей конфликтности является естественный прирост (убыль) населения.

В 2020 году в Ивановской области количество новорожденных составило 7563 человека, а количество умерших – 17503 человека. Таким образом, очевидно, что в регионе наблюдается естественная убыль населения, которая составляет 9940 человек. Данный показатель в 2020 году меньше показателя 2000 года в 1,6 раза. Однако с 2016 года в регионе заметна тенденция к повышению естественной убыли населения, что является негативным фактором, влияющим на трудовой компонент экономической безопасности Ивановской области.

В Ивановской области в период 2000-2020 гг. ни разу не наблюдалось естественного прироста. На изменение показателей смертности в Ивановской области особое влияние оказывает процесс старения населения, то есть увеличение количества и

удельного веса людей старше трудоспособного возраста.

Уменьшение количества населения молодежи трудоспособного возраста и одновременное увеличение численности людей предпенсионного и пенсионного возрастов в Ивановской области приведут к тому, что резко сократится трудовой потенциал региона и возрастет нагрузка на трудоспособное население.

Следующий блок – "Интенсивность потока". В качестве индикатора интенсивности потока в исследовании представляется количество студентов вузов и средних специальных учебных заведений. Отмечается рост этого показателя в период с 2000 года до 2005 года, далее до 2019 года идет его снижение. Прирост количества студентов в вузах пришелся на период с 2000-2005 г.г., затем количество студентов уменьшалось до 2019 года.

Число студентов ссузов уменьшалось в период с 2001 по 2015 годы. По сравнению с 2015 годом в 2020 году отмечается рост числа студентов ссузов в 1,4 раза.

Кроме того, важным индикатором интенсивности потока является коэффициент образовательной активности. Данный показатель увеличивался в период с 2000 по 2005 годы. Следующие 15 лет коэффициент образовательной активности снижался, а в 2020 году наблюдается незначительный рост. В целом следует отметить, что коэффициент образовательной активности сокращается [11].

Завершающим в исследовании был блок "Эффективность", который демонстрирует отношение между достигнутым результатом и вложенными затратами.

Основным показателем эффективности в нашем исследовании является производительность труда в Ивановской области.

По графику (рис. 2 – динамика производительности труда в Ивановской области, %) видно, что производительность труда по Ивановской области за 2000-2020 гг. постоянно растет, что является положительным фактором.

Следующим важным показателем для оценки трудовой безопасности региона является среднемесячная номинальная зара-

ботная плата. Начиная с 2000 года этот показатель постоянно растет, что, несомненно, заслуживает положительной оценки.

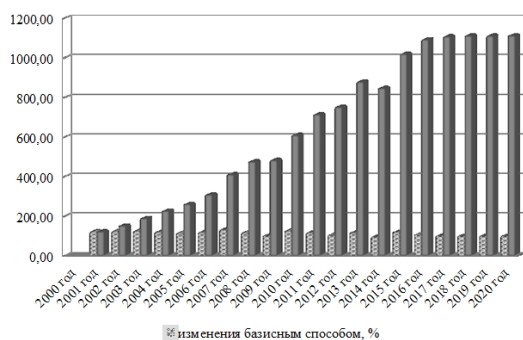


Рис. 2

Однако наиболее значимым показателем эффективности потока является отношение темпов роста заработной платы к темпам роста производительности труда. Эффективная работа на предприятиях региона возможна при условии опережения темпа роста производительности труда над темпами роста средней заработной платы. Это позволит снизить себестоимость готовой продукции и повысить производительность труда.

Так, результаты исследований показали, что в Ивановской области ежегодный темп роста заработной платы выше темпа роста производительности труда. Данная тенденция наблюдается на протяжении всего рассматриваемого периода. Своего пикового значения этот показатель достиг в 2019 году – 22,7 раза.

Тот факт, что рост заработной платы опережает рост производительности труда, означает, что Ивановская область не в полной мере стимулировала рост производительности труда, и эта ситуация вызывает инфляцию. Чрезмерные темпы роста заработной платы нарушают взаимосвязь между затратами труда и его оплатой, что также приводит к снижению их производительности.

ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования сделан вывод о том, что из пяти блоков трудовой составляющей Ивановской области имеют тенденцию к снижению показате-

тели четырех групп потоков: мощности, реновации, конфликтности и интенсивности. Только блок "эффективность потока" показывает устойчивую тенденцию к росту, однако, рост темпа заработной платы к темпам роста производительности труда не является позитивным моментом, поэтому региону следует обратить внимание на все показатели, влияющие на трудовую безопасность региона.

Необходимо разработать специальные меры по регулированию трудовой безопасности, воздействуя на нее с помощью экономической, социальной, демографической политики, чтобы поспособствовать повышению трудовой безопасности, как важнейшего фактора экономической безопасности Ивановской области. Но не менее важно воздействовать на те процессы, которые поддаются изменениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян А.Г. Индикаторный подход к оценке уровня экономической безопасности предприятия в современных условиях // Международный научный студенческий журнал. – 2017, №5. С. 24...29.
2. Батракова Л.Г. Кадровый потенциал региона как основа устойчивого инновационного развития // Социально-политические исследования. – 2020, № 4 (9). С. 78...94.
3. Гришанова О.А., Соколова Е.Ю. Инвестиционная составляющая в цене платной образовательной услуги // Изв. вузов. Серия: Экономика, финансы и управление производством. – 2012, №1(11). С. 46...52.
4. Скрипникова Г.В., Минигулова Г.С. Безопасность труда и качество трудовой жизни // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015, №4. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.m>
5. Сперанский С.Н. Некоторые статистические аспекты российского рынка жилищного ипотечного кредитования на современном этапе его развития // Экономика регионов России: современное состояние и прогнозные перспективы // Сб. ст. по мат. Всероссийск. научн.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов Ивановского филиала Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, Иваново, 17-19 апреля 2019 года. – Иваново: АО "Информатика", 2019. С. 315...320.
6. Сперанский С.Н., Бобков А.А. Экономическая безопасность региона в теории и практике // Экономика регионов России: современное состояние и прогнозные перспективы // Сб. ст. по мат. молодежн. конф. Ивановского филиала РЭУ им. Г.В.

Плеханова. Экономический Форум 2019, Иваново, 17-19 апреля 2019 года. – Иваново: АО "Информатика", 2019. С. 142...144.

7. Степанова С.М., Сперанский С.Н., Пахотин Н.Е. Интегральная оценка экономического потенциала промышленного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 1. С.5...10. DOI 10.47367/0021-3497_2021_1_5.

8. Уткин А., Сперанский С.Н. Направление доходным потенциалом кластерообразующих предприятий Ивановской области // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №3. С. 14...20.

9. Царенко И.В. Состояние и перспективы развития социально-экономической системы региона с учетом влияния трудовых ресурсов // Управленческий учет. – 2021, № 2-2. С. 255...261..

10. Шахова И.Ю., Сперанский С.Н. Инвестиционный компонент в экономической безопасности региона: последствия пандемии // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021, № 6-1. С. 126...131. DOI 10.17513/vaael. 1738.

11. Шахова И.Ю., Сперанский С.Н. Проблема развития ресурсного потенциала региона: теоретические аспекты // Вестник ИвГУ. Серия «Экономика», вып. 2 (17). – 2012, Иваново: ИвГУ. С.39...44.

12. Ефремов Д.Е., Сперанский С.Н. Геометрические характеристики заправочной линии основы при поступательном перемещении скала по кронштейнам // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, № 1. С. 42.

13. Efremov D.E., Speranskii S.N. Evening-out the warp yarn tension on a loom with a double backrest // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1996, №6. P. 48...51.

14. Efremov D.E. Speranskii S.N., Pakhotina I.N. Interaction between the warp yarns and the backrest during complex movement // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2003, №6. P. 43...46.

15. Статистический ежегодник «Ивановская область». URL: <https://ivanovo.gks.ru/> (дата обращения: 20.09.2021).

16. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 N 14-ст) (ред. От 16.06.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2021:1). URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 24.09.2021).

REFERENCES

1. Ambartsumyan A.G. Indikaturnyy podkhod k otsenke urovnya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya v sovremennykh usloviyakh // Mezhdunarodnyy nauchnyy studencheskiy zhurnal. – 2017, №5. S.24...29.

2. Batrakova L.G. Kadrovyy potentsial regiona kak osnova ustoychivogo innovatsionnogo razvitiya // Sotsial'no-politicheskie issledovaniya. – 2020, № 4 (9). S.78...94.

3. Grishanova O.A., Sokolova E.Yu. Investitsionnaya sostavlyayushchaya B tsene platnoy obrazovatel'noy uslugi // Izv. vuzov. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom. – 2012, №1(11). S.46...52.

4. Skripnikova G.V., Minigulova G.S. Bezopasnost' truda i kachestvo trudovoy zhizni // Energobezopasnost' i energosberezhenie. – 2015, №4. [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.m>

5. Speranskiy S.N. Nekotorye statisticheskie aspekty rossiyskogo rynka zhilishchnogo ipotechnogo kreditovaniya na sovremennom etape ego razvitiya // Ekonomika regionov Rossii: sovremennoe sostoyanie i prognozye perspektivy // Sb. st. po mat. Vserossiysk. nauchn.-prakt. konf. prepodavateley, aspirantov, magistrantov Ivanovskogo filiala Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova, Ivanovo, 17-19 aprelya 2019 goda. – Ivanovo: АО "Informatika", 2019. S. 315...320.

6. Speranskiy S.N., Bobkov A.A. Ekonomicheskaya bezopasnost' regiona v teorii i praktike // Ekonomika regionov Rossii: sovremennoe sostoyanie i prognozye perspektivy // Sb. st. po mat. molodezhn. konf. Ivanovskogo filiala REU im. G.V. Plekhanova. Ekonomicheskii Forum 2019, Ivanovo, 17-19 aprelya 2019 goda. – Ivanovo: АО "Informatika", 2019. S.142...144.

7. Stepanova S.M., Speranskiy S.N., Pakhotin N.E. Integral'naya otsenka ekonomicheskogo potentsiala promyshlennogo predpriyatiya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 1. S.5...10. DOI 10.47367/0021-3497_2021_1_5.

8. Utkin A., Speranskiy S.N. Napravlenie dokhodnym potentsialom klasteroobrazuyushchikh: predpriyatiy Ivanovskoy oblasti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №3. S. 14...20.

9. Tsarenko I.V. Sostoyanie i perspektivy razvitiya sotsial'no-ekonomicheskoy sistemy regiona s uchedom vliyaniya trudovykh resursov // Upravlencheskiy uch. – 2021, № 2-2. S. 255...261..

10. Shakhova I.Yu., Speranskiy S.N. Investitsionnyy komponent v ekonomicheskoy bezopasnosti regiona: posledstviya pandemii // Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava. – 2021, № 6-1. S.126...131. DOI 10.17513/vaael. 1738.

11. Shakhova I.Yu., Speranskiy S.N. Problema razvitiya resursnogo potentsiala regiona: teoreticheskie aspekty // Vestnik IvGU. Seriya «Ekonomika», vyp. 2 (17). – 2012, Иваново: IvGU. S.39...44.

12. Efremov D.E., Speranskiy S.N. Geometricheskie kharakteristiki zapravochnoy linii osnovy pri postupatel'nom peremeshchenii skala po kronshteynam // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 1997, № 1. S. 42.

13. Efremov D.E., Speranskii S.N. Evening-out the warp yarn tension on a loom with a double r backrest // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1996, №6. P. 48...51.

14. Efremov D.E Speranskii S.N., Pakhotina I.N. Interaction between the warp yarns and the backrest during complex movement // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2003, №6. P. 43...46.

15. Statisticheskiy ezhegodnik «Ivanovskaya oblast'». URL: <https://ivanovo.gks.ru/> (data obrashcheniya: 20.09.2021).

16. Obshcherossiyskiy klassifikator vidov ekonomicheskoy deyatelnosti (utv. Prikazom Rosstandarta ot

31.01.2014 N 14-st) (red. Ot 16.06.2021) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.08.202:1). URL: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya: 24.09.2021).

Рекомендована кафедрой экономики и прикладной информатики РЭУ имени Г.В. Плеханова (Ивановский филиал). Поступила 28.02.22.

УДК 332.1

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_32

ESG-ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

ESG-TRANSFORMATION OF THE TEXTILE INDUSTRY: STATEMENT OF THE PROBLEM

И.В. ПОГОДИНА, Д.А. АВДЕЕВ, А.В. АВЕРИН, Л.А. ОПАРИНА

I.V. POGODINA, D.A. AVDEEV, A.V. AVERIN, L.A. OPARINA

(Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
Ивановский государственный политехнический университет)

(Vladimir State University named after A. and N. Stoletovs,
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: ipogodina@vlsu.ru; danilavdeev@yandex.ru; gpp_vlgu@mail.ru;
l.a.oparina@gmail.com

Трансформирующийся промышленный сектор России уходит от устаревших подходов в сторону новых энерго- и ресурсосберегающих технологий и методов управления. Трансформация наблюдается и в легкой промышленности, в том числе в текстильной отрасли, где, среди прочего, происходит переход от хлопка к синтетическим волокнам, меняются инструменты производства, внедряются современные автоматизированные комплексы, наблюдается активное использование вторичного сырья, новые синтетические материалы вытесняют классические ткани. В то же время Россия отстает от мировых цепочек поставок текстильной продукции. Одна из причин этого – низкий уровень реализации принципов ESG. Текстильной отрасли требуется внедрение элементов экоцентричного управления, осознанного социального подхода в бизнес-моделях. В статье, на основе обзора литературы, аналитических материалов, сделан вывод о том, что научной проблемой является методологический и аналитический пробел в механизмах и путях трансформации текстильной промышленности на основе ESG-принципов и подходов.

The transforming industrial sector in Russia is moving away from outdated approaches towards new energy and resource-saving technologies and management methods. Transformation is also observed in light industry, including in the textile

industry, where, among other things, there is a transition from cotton to synthetic fibers, production tools are changing, modern automated complexes are being introduced, there is an active use of secondary raw materials, new synthetic materials are replacing classic fabrics. At the same time, Russia lags behind global textile supply chains. One of the reasons for this is the low level of implementation of ESG principles. The textile industry requires the introduction of eco-centric management elements, a conscious social approach in business models. Based on a literature review, analytical materials, it is concluded that a scientific problem is a methodological and analytical gap in the mechanisms and ways of transforming the textile industry founded on ESG principles and approaches.

Ключевые слова: ESG, экология, социальная ответственность, "зеленые" инструменты, трансформация, бизнес-модель, текстиль, легкая промышленность.

Keywords: ESG, ecology, social responsibility, green tools, transformation, business model, textiles, light industry.

В 2015 году по результатам Саммита ООН, посвященного устойчивому развитию человечества, были выдвинуты 17 новых глобальных целей развития государств членов ООН до 2030 года¹. Тема устойчивого развития обсуждается более двадцати лет, но до последнего времени в бизнес-среде и экономическом сообществе не удавалось сформировать единый подход к рассмотрению соответствующих проблем. Тем не менее, принципы устойчивого развития постепенно стали оказывать влияние на бизнес разных сфер по всему миру. Пандемия COVID-19 также обнаружила повышенный спрос на социальную ответственность компаний.

Актуальность изменений в подходах, методах управления и ведения бизнеса, организации производства обусловлена тем, что набор принципов устойчивого развития в настоящее время подразумевает и обеспечение успешной коммерческой деятельности. Кроме того, ожидается, что в ближайшем будущем мировые фонды перестанут инвестировать в компании, которые игнорируют принципы устойчивого развития. Рейтингование компаний по уровню их вовлеченности в современные экоцентричные процессы становится все более

необходимой мерой и подразумевает в том числе финансовые последствия.

Итак, за последние несколько десятилетий бизнес-среда стала более динамичной и сложной. В результате изменений и под воздействием обстоятельств организации должны пересмотреть привлекаемые стратегические ресурсы, которые позволяют им развивать конкурентные преимущества. В этом контексте конкурентоспособность компаний в значительной степени определяется не только использованием информационных и коммуникационных технологий, но и новых принципов эко- и социоцентризма.

Российские предприятия текстильной промышленности практически не фигурируют в рейтинговых списках лидеров ESG-трансформации. Например, в рейтинге Независимого европейского рейтингового Агентства RAEX-Europe за 2021 г. нет ни одного текстильного предприятия из России².

Одна из причин этого – низкий уровень реализации принципов ESG российскими компаниями. Последние, как известно, включают три составляющих: экология (Environmental), социальное развитие (Social), корпоративное управление (Governance).

¹ 17 целей для людей, для нашей планеты // Цели в области устойчивого развития. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (дата обращения: 01.12.2021).

² Кто стал самой «зеленой» компанией России // РБК-Тренды. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5fe4a0e89a79477bdd9c79c1> (дата обращения: 01.12.2021).

Повышенный спрос на ESG-управление вынуждает компании считаться с принципами устойчивого развития. Теперь, из-за давления инвесторов и банков, им невыгодно иметь низкий ESG-рейтинг. Подтверждена позитивная связь между ответственным инвестированием и доходностью ценных бумаг. ESG-принципы влияют на логистические цепочки, в том числе текстильной отрасли в сторону экологизации производственных процессов, а человек рассматривается в более широком контексте, нежели только как элемент производственного механизма. Управленческие методы также ориентированы на диалог с внешней средой с множеством механизмов обратной связи.

Проблема внедрения ESG-принципов обсуждается в экспертном и бизнес-сообществе. При этом подходы ESG еще не были комплексно проанализированы и обобщены в исследованиях в области управления, юриспруденции, экономики и экологии. Принципы ESG в сфере текстильной промышленности тем более пока не нашли своего теоретического обоснования. При этом сами идеи ESG-трансформации для текстильной отрасли требуют уточнения с учетом специфики и динамики ее развития в России и роли в глобальных логистических цепочках.

Научное обоснование приоритетных направлений основ экономики ресурсосбережения, циркулярной или круговой экономики прорабатывалось отечественными учеными (В.И. Вернадским, Л.Г. Раменским, Н.Д. Кондратьевым, И.В. Комаром и др.), заложившими основы представлений об экономике, как об эколого-экономической системе, стремящейся к устойчивому развитию. Дальнейшая разработка идей указанных авторов получила в исследованиях следующих ученых: С.Н. Бобылева, М.В. Бабенко, С.И. Бик, Э.В. Гирусова, В.А. Крюкова, К.П. Колотырина, С.В. Соловьевой, В.Е. Селиверстова, А.Л. Новоселовой, А. И. Постновой, Т.С. Хачатурова и др.

Анализ научных исследований, проведенных отечественными и иностранными авторами в рамках концепции экономического развития ESG-экология, социальная

политика и управление, а в русскоязычной литературе аббревиатура ESG обычно переводится как факторы ОСОКУ – окружающая среда, общество и корпоративное управление, свидетельствует, что внимание к изучению принципов "зеленой экономики" растет. Данная проблематика затронута в работах таких ученых, как С. Шуайби, Х. Афффе, М. Росси, Г. Зуари, Р. Халед, Х. Али, Н. Лаце, И. Зументе, Ж.А. Коррал-Марфил, А. Споз, К. Клуза, Р. Бауэр, Т. Буш. Указанные авторы рассматривают отдельные аспекты ESG-экономики, и в фокусе изучения оказываются корпоративная и социальная ответственность, инновации в области технологий переработки, как источники конкурентного преимущества, экологические, социальные и управленческие факторы, влияющие на окружающую среду, общество и корпоративное управление и др.

Основными направлениями исследований ОСОКУ в России занимаются Е.П. Ермакова, С. Бик, В.В. Высокова и др., которые в своих работах отражают правовые, экономические и организационные условия по развитию зеленого (ответственного) финансирования и ESG-трансформации российских компаний, ESG-банкинг, методологию присвоения ESG-рейтингов.

В литературе на иностранных языках, в том числе в статьях, индексируемых в Scopus, тематика ESG в основном представлена применительно к исследованию устойчивости бизнес-модели компаний, переосмыслению брендов класса "люкс" в контексте устойчивого развития (Olatu-bosun P., Charles E., Omoyele T.), изучению социального аспекта в рамках ESG-трансформации и международных трудовых стандартов (Waas B.) и т.д. Тем не менее, данная тема только получает свое научное осмысление (например, на 08.11.2021 по запросу в базе Scopus по формуле ("ESG" AND "textile") было обнаружено всего 12 результатов).

Р.С. Ибрагимова и Д.С. Головкин предложили подход к цифровой трансформации текстильной промышленности. Помимо использования форсайт-технологий исследователи говорят о формировании инновационно-текстильного кластера на основе

процессной модели цифровой трансформации.

Обзор литературы по теме исследования подтвердил целесообразность дополнительного изучения ряда ключевых вопросов становления ESG-трансформации в текстильной отрасли.

Для постановки проблемы был избран подход системного анализа, когда его методы применяются для обобщения результатов исследования отраслевой картины текстильной промышленности России. Продуктивным для настоящего исследования будет применение общесоциологических и конкретно-социологических (анализ документов и статистических данных и т.д.) методов.

Государство в разных формах поддерживает предприятия легкой (в том числе текстильной) промышленности. Например, путем создания особых экономических зон. Так, в Ивановской области в рамках особой экономической зоны (ОЭЗ) промышленно-производственного типа формируется легкопромышленный кластер, резиденты которого к 2030 году намерены создать 3200 рабочих мест и привлечь 8,3 млрд. руб. частных инвестиций³.

Помимо разработки конкурентоспособного ассортимента текстильных изделий на базе современных технологий необходимо выработать повестку дня на среднюю и долгосрочную перспективу, учитывая актуальные тренды бизнес-моделей и управления, тем более что они становятся составляющей конкурентоспособности наших предприятий на мировой арене.

Очевидно, что для получения высокого ESG-рейтинга, который формируют независимые исследовательские агентства (Bloomberg, S&P Dow Jones Indices, JUST Capital, MSCI, Refinitiv и другие), отечественным текстильным предприятиям еще довольно далеко.

Крупные объединения модных домов (например, конгломерат Kering – это Gucci, Balenciaga, Saint Laurent) входят в ука-

занные рейтинговые списки. Так, Kering с 2019 года остается лидером рейтинга MSCI среди 28 компаний в сфере производства одежды и предметов роскоши. Программа устойчивого развития данного объединения предполагает ряд принципиальных действий, среди которых отказ от использования токсичной пластмассы на 99,8%; использование "регенерированного" кашемира, который создают из отходов производства; запуск бесплатного онлайн-курса по сознательной моде⁴.

Оценивая опыт зарубежных компаний, очевидно, что бизнес, измененный под диктандом ESG, должен соответствовать стандартам развития в трех номинациях: социальной, управленческой и экологической. То есть он должен заботиться об окружающей среде, сокращать ущерб, который наносится экологии, специальным образом относиться к персоналу, поставщикам, клиентам, партнерам и потребителям, например, соблюдая гендерный баланс, и конечно, создавать хорошие условия труда. Предприниматели должны кроме всего прочего инвестировать в социальные проекты.

Применительно к текстильной отрасли это может выглядеть следующим образом. Американский бренд верхней одежды Patagonia, как и многие компании по продаже одежды, не владеет фабриками, которые шьют его продукцию. Фабрики располагаются в том числе в азиатских странах, и компания напрямую не может влиять на размер зарплаты рабочих. При этом работники таких фабрик – одни из самых низкооплачиваемых категорий в мире. В большей части швейной промышленности действуют неадекватные социальные стандарты, что может привести к небезопасным условиям труда, сверхурочной продолжительности рабочего дня, низкой оплате труда и дискриминации на рабочем месте для работников (а это преимущественно женщины). Постоянный спрос на быструю моду с каждым днем усугубляет эту

³ Легкая промышленность: Ивановская ОЭЗ <https://expert.ru/expert/2021/39/legkaya-promyshlen-nost-ivanovskaya-oez/> (дата обращения: 10.11.21).

⁴ Кондратенко М. ESG-принципы: что это такое и зачем компаниям их соблюдать. Подробнее на РБК: <https://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435> (дата обращения 31.10.21).

проблему. Для ее решения компания Patagonia создала программу социальной ответственности, которая анализирует и управляет воздействием бизнеса на работников и сообщества во всей цепочке поставок. Цель программы – не только минимизировать вред, но и принести пользу для жизни людей, которые шьют одежду бренда⁵. Бренд направляет часть средств с продажи продукции на фабрики, чтобы поднять зарплату сотрудников до уровня прожиточного минимума. К 2019 году бренду Patagonia удалось поднять зарплату рабочим до прожиточного минимума на 11 из 31 фабрики⁶.

В том же 2019 году компания Patagonia была удостоена награды ООН "Чемпионы Земли" за динамическое сочетание принципов, ставящих устойчивость в основу успешной бизнес-модели (категория "предпринимательское видение")⁷. Компания самостоятельно взимает с себя "налог на Землю" – 1% от прибыли для планеты. Кредо компании звучит так: "Мы работаем для спасения нашей планеты" ("We're in business to save our home planet")⁸. А 87 % тканей в текущем сезоне сделано из переработанных материалов.

Испанская группа Inditex, объединяющая бренды Zara, Pull & Bear, Bershka, Massimo Dutti и другие, пообещала к 2025 году продавать в своих магазинах только экологичную одежду, произведенную в соответствии с принципами устойчивого развития⁹.

В текстильной группе Zara использует различные типы инструментов, в том числе и такие, как системы управления на основе электронных коммуникаций или процессы автоматизации. Исследования текстильной

группы Zara показывают, что комбинированное использование технологий оказывает положительное влияние на процессы социализации, экстерииоризации, комбинирования и интериоризации управления знаниями. Практикуемое обучение с помощью ИКТ способствует развитию "живой моды", которая включает в себя перепроектирование новых производственных линий в течение двух недель (инновационный продукт), а также политику коротких производственных линий и нулевых запасов (технологические инновации) в компании¹⁰.

В России принципы ESG менее распространены, чем за рубежом, но их внедрение в бизнес уже началось. Интерес предпринимателей, их объединений и государственной администрации к ESG демонстрирует:

- принятие нацпроекта "Экология" и предполагаемые изменения к нему;
- Петербургский международный экономический форум (ПМЭФ) 2021, где обсуждались проблемы экологии;
- внедрение в кредитный процесс ESG-оценки компаний банками страны.

Стратегические ориентиры России до 2025 года и целевые показатели до 2030 года содержат много маркеров, относящихся к критериям ESG. Все это говорит о возросшей роли новых форм экономической деятельности и готовности Правительства РФ к смене социально-экономического вектора в сторону устойчивого развития. Новые цели требуют разработки как новых механизмов работы, так и более тесного взаимодействия между правительственными органами, бизнес-сообществом и гражданским обществом, что в полной мере обеспечивает ESG-подход.

⁵ Официальный сайт компании Patagonia. URL: <https://www.patagonia.com/social-responsibility/> (дата обращения 24.11.21).

⁶ ESG-принципы: что это такое и зачем компаниям их соблюдать // URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435> (дата обращения 24.11.21).

⁷ Официальный сайт Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/press-release/amerikanskiy-brend-verkhney-odezhdy-patagonia-udosto-en-nagrady-oon> (дата обращения 24.11.21).

⁸ Официальный сайт компании Patagonia: <https://www.patagonia.com.au/pages/our-mission> (дата обращения 24.11.21).

⁹ Бренд Zara «зеленеет». Компания готова отказаться от быстрой моды ради природы // <https://www.bbc.com/russian/news-49035425>.

¹⁰ García-Álvarez M. T. Analysis of the effects of ICTs in knowledge management and innovation: The case of Zara Group // *Computers in Human Behavior*, Volume 51, Part B, 2015, Pages 994-1002, ISSN 0747-5632, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.007>.

В России, как и в некоторых других странах, идет поиск оптимальной модели правового регулирования данной сферы. Единых требований к раскрытию ESG-информации организациями нет, тогда как компании, ведущие деятельность в Европе и США, а также привлекающие финансирование на западных рынках, сталкиваются с необходимостью это делать. В то же время нельзя не отметить, что растет число компаний, предоставляющих ESG-отчеты на добровольной основе. Однако единого регулирования, несмотря на заявление представителей отдельных государственных органов, у нас нет.

При этом возрастают требования к прозрачности и раскрытию информации в отчетности компаний, а государственным структурам так или иначе придется изменить походы к управлению текстильной отраслью, ориентируясь на новые ESG-принципы, поддерживая инициативные начинания и вводя соответствующие барьеры, мешающие изменениям.

Текстильная промышленность, как одна из весьма трудоемких отраслей, характерная в основном для стран с развивающейся экономикой, может создать новые рабочие места, способствовать росту национальной экономики. Известно, что примерно семь процентов рабочей силы в развивающихся странах занято в производстве хлопчатобумажных тканей. К тому же текстильная промышленность в деле обеспечения национальной безопасности, программы импортозамещения является важным источником для автомобильной промышленности, авиастроительного комплекса, сельского хозяйства, ВПК.

Согласно данным РБК более 50% продаж текстильной продукции в 2020 году приходится на синтетические и искусственные ткани¹¹. Текстильная отрасль России находится на стадии технологической трансформации и эти изменения должны

соответствовать мировым стандартам и уровню развития.

Принципы экологизации в исследуемой сфере применить не просто. Отмечается, что оценка экологической устойчивости текстильных изделий затруднена из-за сложности процессов производства и потребления¹². В процессе производства текстильных изделий используются большие объемы ресурсов, и могут возникнуть серьезные экологические проблемы. Экологическая устойчивость, которая рассматривает компромисс между производительностью экономики и воздействием на окружающую среду, должна быть важным аспектом при принятии деловых решений.

Внедрение принципов ОСОКУ осложняется и такие обстоятельства, как децентрализованный характер отрасли, большое количество малых средних предприятий, незаинтересованность последних во внедрении новых принципов и идей. Да и оценка ESG практикуется только относительно крупными производителями (например, Nike, Adidas, H&M, GAP, C&A и т. д.), у которых могут быть как необходимые ресурсы, так и мотивация (например, для продвижения социально ответственных изображений) для такой практики¹³.

Представляется необходимой разработка и обоснование концепции использования ESG-трансформации в текстильной промышленности РФ с учетом сложившихся управленческих традиций и российского законодательства. Требуется и разработка экономико-правового механизма ESG-трансформации данного сегмента легкой промышленности.

Несомненно, обобщение зарубежного опыта в сфере текстильной и частично в легкой промышленности по внедрению и реализации "зеленых" принципов совершенно необходимо для учета и применения лучших практик в отечественной отрасли.

¹¹ В 2020 г продажи тканей в России снизились на 7,6% и составили 2,44 млрд м² // URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/12546/> (дата обращения: 12.12.2021).

¹² Luo Y., Song K., Ding X., Wu X., Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of

evaluation methods, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 86, 2021, 106497, <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106497> (дата обращения: 12.12.2021).

¹³ Там же.

Исследования требует и готовность текстильной промышленности к ESG-трансформации, а также анализ потребительских ценностных предпочтений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, научной проблемой является методологический и аналитический пробел в механизмах и путях трансформации текстильной промышленности на основе ESG-принципов и подходов. Более того, сами принципы ESG-трансформации для текстильной промышленности требуют уточнения с учетом специфики и динамики развития текстильной промышленности России и ее роли в глобальных логистических цепочках. Требуется теоретическое осмысление происходящего в настоящее время внедрения элементов экоцентричного управления, осознанного социального подхода в бизнес-моделях в сфере легкой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. В 2020 г продажи тканей в России снизились на 7,6% и составили 2,44 млрд м² // URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/12546/> (дата обращения: 12.12.2021).
2. Luo Y., Song K., Ding X., Wu X. Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of evaluation methods, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 86, 2021, 106497, <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106497> (дата обращения: 12.12.2021).
3. Официальный сайт Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/press-release/amerikanskiy-brend-verkhney-odezhdy-patagonia-udostoен-nagrady-oon> (дата обращения 24.11.21).
4. Официальный сайт компании Patagonia <https://www.patagonia.com.au/pages/our-mission> (дата обращения 24.11.21).
5. Бренд Zara "зеленеет". Компания готова отказаться от быстрой моды ради природы // <https://www.bbc.com/russian/news-49035425> (дата обращения 24.11.21).
6. García-Álvarez M. T. Analysis of the effects of ICTs in knowledge management and innovation: The case of Zara Group // *Computers in Human Behavior*, Volume 51, Part B, 2015, Pages 994-1002, ISSN 0747-5632, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.007>.
7. Легкая промышленность: Ивановская ОЭЗ <https://expert.ru/expert/2021/39/legkaya-promyshlennost-ivanovskaya-oez/> (дата обращения: 10.11.21).

8. Кондратенко М. ESG-принципы: что это такое и зачем компаниям их соблюдать Подробнее на РБК: <https://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435> (дата обращения 31.10.21).

9. Кто стал самой "зеленой" компанией России // РБК-Тренды. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5fe4a0e89a79477bdd9c79c1> (дата обращения: 01.12.2021).

10. 17 целей для людей, для нашей планеты // Цели в области устойчивого развития. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (дата обращения: 01.12.2021).

REFERENCES

1. V 2020 g prodazhi tkaney v Rossii snizilis' na 7,6% i sostavili 2,44 mlrd m² // URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/12546/> (data obrashcheniya: 12.12.2021).
2. Luo Y., Song K., Ding X., Wu X. Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of evaluation methods, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 86, 2021, 106497, <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106497> (data obrashcheniya: 12.12.2021).
3. Ofitsial'nyy sayt Programmy OON po okruzhayushchey srede (YuNEP) <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/press-release/amerikanskiy-brend-verkhney-odezhdy-patagonia-udostoен-nagrady-oon> (data obrashcheniya 24.11.21).
4. Ofitsial'nyy sayt kompanii Patagonia <https://www.patagonia.com.au/pages/our-mission> (data obrashcheniya 24.11.21).
5. Brend Zara "zelenet". Kompaniya gotova otkazat'sya ot bystroy mody radi prirody // <https://www.bbc.com/russian/news-49035425> (data obrashcheniya 24.11.21)..
6. García-Álvarez M. T. Analysis of the effects of ICTs in knowledge management and innovation: The case of Zara Group // *Computers in Human Behavior*, Volume 51, Part B, 2015, Pages 994-1002, ISSN 0747-5632, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.007>.
7. Legkaya promyshlennost': Ivanovskaya OEZ <https://expert.ru/expert/2021/39/legkaya-promyshlennost-ivanovskaya-oez/> (data obrashcheniya: 10.11.21).
8. Kondratenko M. ESG-printsipy: chto eto takoe i zachem kompaniyam ikh soblyudat' Podrobnее na RBK: <https://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435> (data obrashcheniya 31.10.21).
9. Kto stal samoy "zelenoy" kompaniey Rossii // RBK-Trendy. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5fe4a0e89a79477bdd9c79c1> (data obrashcheniya: 01.12.2021).
10. 17 tseley dlya lyudey, dlya nashey planety // Tseli v oblasti ustoychivogo razvitiya. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (data obrashcheniya: 01.12.2021).

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства ИВГПУ. Поступила 24.03.22.

**ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МАТЕРИАЛЬНЫХ И ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ
ШВЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АЗЕРБАЙДЖАНА**

**PROBLEMS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF USE
BOTH MATERIAL AND LABOUR RESOURCES
OF AZERBAIJAN GARMENT INDUSTRY**

Х.Ф. МАМЕДОВА¹, Ф.А. МАМЕДОВ², С.Ш. ТАШПУЛАТОВ³
KH.F. MAMEDOVA, F.A. MAMEDOV, S.SH. TASHPULATOV

(Гянджинский государственный университет, Республика Азербайджан,
Азербайджанский технологический университет, Республика Азербайджан,
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Gandja State University, Republic of Azerbaijan,
Azerbaijan Technological University, Republic of Azerbaijan,
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan)

E-mail: fizuli.ekonomist@gmail.com: ssht61@mail.ru

В статье описываются исследование и решение важной для народного хозяйства Азербайджана проблемы, связанной с повышением эффективности использования трудовых и материальных ресурсов при изготовлении одежды стабильного ассортимента, удовлетворяющей повышенным требованиям по качеству, на основе комплексной подготовки производства с использованием многокритериальных моделей и методов динамического и стохастического программирования.

The article describes the study and solution of an important problem for the national economy of Azerbaijan related to increasing the efficiency of use both labor and material resources in the manufacture of a stable assortment clothing that meets increased quality requirements, based on integrated production preparation using multi-criteria models and methods of dynamic and stochastic programming.

Ключевые слова: производительность, рентабельность, себестоимость, затраты времени, стоимость.

Keywords: productivity, profitability, production cost, time consumption, cost.

Введение

Сокращение затрат трудовых и материальных ресурсов при изготовлении швейных изделий для обеспечения требований по качеству является одним из основных направлений увеличения рентабельности продукции и повышения на этой основе эффективности производства в целом. Для изделий специального вида, изготавливаемых по государственным заказам, в частности, форменной одежды различного назначения

и других изделий "стабильного ассортимента", указанный путь повышения прибыли предприятий и рентабельности продукции является по существу единственным. Это обусловлено применением централизованно регулируемых цен на продукцию и исходные материалы установлением нижнего предельного уровня рентабельности производства. Такой экономический механизм действует в секторе швейной промышленности Азербайджанской

Республики, производящем изделия стабильного ассортимента. Удельный вес этих изделий в общем объеме производства швейных предприятий достигает 50%, что вызывает важную и актуальную для республики народно-хозяйственную проблему: изыскание и реализация путей сокращения затрат трудовых и материальных ресурсов при массовом производстве по государственным заказам швейных изделий стабильного ассортимента [1], [2].

Наряду с экономическими требованиями к эффективности производства данных изделий государственным заказом устанавливаются повышенные требования к качеству изделий, прежде всего, к показателям формоустойчивости, вытекающие из особых условий эксплуатации одежды этого вида. В настоящее время из-за применения нерациональных технологических процессов и организационных решений эти требования часто не выполняются. В связи с этим возникает проблема проектирования экономических, технологических процессов, обеспечивающих выполнение требований по качеству. В рамках этой проблемы актуальным, является разработка методики количественной оценки и прогнозирования значений показателей качества, в частности, формоустойчивости деталей, узлов и изделия в целом.

В известных работах по проблемам повышения эффективности швейного производства задачи выбора конструкции изделий, проектирование технологических потоков и организация производства рассматривались изолированно. При несомненном

научно-методическом и практическом значении этих работ они оставляли неиспользованным дополнительный резерв повышения эффективности швейного производства, связанный с комплексным рассмотрением организационных и технологических факторов в рамках единой оптимизационной модели. Указанные выше обстоятельства послужили основанием для выбора направления, темы исследования и развития в ней научно-методического подхода [3...6].

Методы:

Как уже отмечалось, при интуитивном подходе к решению задачи совершенствования процессов производства одежды стабильного ассортимента выбор рациональных способов обработки осуществляется на основе попарного сравнения действующего и предлагаемого вариантов технологии [7...13].

Вариант технологии, обеспечивающий более высокую производительность, принимался к реализации. Изменение затрат на выполнение операций, на содержание и эксплуатацию оборудования составлялось также попарно ("до внедрения" и "после внедрения"). При этом более производительный вариант до определенной поры оказался самым дешевым, т. е. самым прибыльным.

Вместе с тем, для изготовления детали, узла и изделия в целом может быть предложено значительно более двух вариантов, и не всегда самый производительный – это самый дешевый.

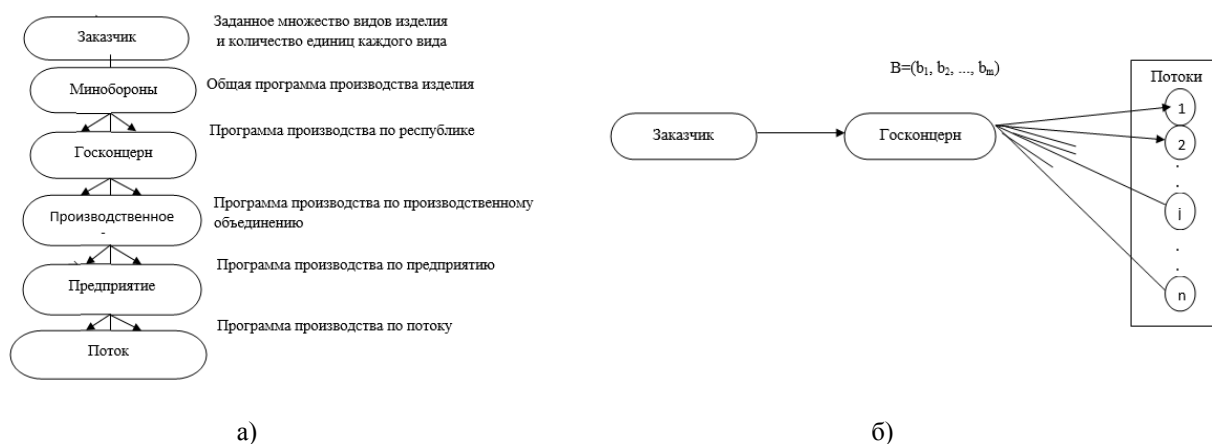


Рис. 1

Минобороны в соответствии с требованиями обеспечения обороноспособности нашей страны формирует программу производства изделий по видам ($i=1, 2, \dots, m$) и объемам V_i каждого вида в интервале определенного промежутка времени, например, в течение года. Изготовление швейных изделий поручено Госконцерну республики.

На рис. 1 схематично изображена процедура формирования программы производства изделий стабильного ассортимента на предприятиях системы Госконцерна республики. Из последнего видно, что программу производства изделия можно представить в виде схемы "Заказчик-Госконцерн республики-потоки" (технологические процессы) согласно рис. 1. На рис. 1 – символ n обозначает число потоков для производства i -го вида изделия ($i=1, 2, \dots, m$), каждый из которых будем называть- jM ($j=1, 2, \dots, n$).

Следует отметить, что заказчик не накладывает строгих ограничений на изготовление изделия в части принципов размещения заказа по предприятиям и потокам. Поэтому решение вопросов по распределению i -х видов изделия ($i=1, 2, \dots, m$) по j -м потокам ($j=1, 2, \dots, n$), в том числе принятие оптимального решения является, в основном, компетенцией Госконцерна республики, объединений и предприятий.

С учетом изложенного представляется возможным обеспечить достижение сформулированной в работе цели комплексной реализацией задач, подразделяющихся на два класса.

-Технических – задач по выбору наиболее рациональных конструктивных параметров деталей, узлов и полуфабрикатов i -х видов изделия, методов их обработки и средств для их производства (реализации).

-Тактических – задач по установлению таких вариантов производства каждого из заданных i -х видов изделия на j -х потоках, которые обеспечивают наиболее эффективное использование результатов, полученных при решении задачи 1.

При этом оба класса задач – это в конечном итоге задачи, направленные на снижение материальных и трудовых затрат при изготовлении изделия с заданными функ-

циональными свойствами.

Выполненные до настоящего времени разработки по швейным изделиям в направлении снижения затрат труда и материалов, на которые мы ссылались выше, решали названную проблему интуитивно, без учета целого ряда факторов, влияющих на конечный результат.

Сегодня применение интуитивного подхода к решению названной в работе проблемы уже не дает результатов, которые были получены на первых этапах.

Такое явление обусловлено усложнением используемой техники, технологии, транспортных средств, оснастки. Принято говорить об экспоненциальном росте характеристики сложности техники [11].

По оценке специалистов сложность продукции машиностроения за последние три десятилетия возросла в среднем в шесть раз [12].

Усложнение проектированных конструкций одежды стабильного ассортимента и процессов для ее производства на базе новой техники приходит в противоречие с традиционными принципами их проектирования, которые всегда предполагали, что разработчик имеет возможность отыскивать лучший вариант, опираясь на личный опыт.

ВЫВОДЫ

Вышеприведенный краткий анализ разработок, выполненных Азербайджанским технологическим университетом по совершенствованию одежды стабильного ассортимента, а также проблем, возникающих при этом совершенствовании, позволяет сделать следующее заключение.

Возможно варьирование в достаточно широких пределах конструктивных решений деталей, узлов, полуфабрикатов одежды стабильного ассортимента, методов их обработки, используемого оборудования и применяемых материалов без ухудшения функциональных свойств изделий.

На базе такого варьирования может быть разработано (генерировано) множество рациональных технологий для изготовления высококачественной одежды стабильного ассортимента.

Выбор лучшего варианта технологии из числа возможных по принципу обеспечения максимальной производительности не гарантирует получение при существующих технологических процессах необходимой прибыли, а в условиях применения дорогостоящей техники может вообще исключить ее получение.

Оптимальным вариантом технологии в общем случае является такая технология, которая гарантирует минимальную себестоимость изготовления изделия при установленном уровне производительности, или максимальную производительность при запланированном уровне себестоимости (прибыли).

Выбор оптимальных технологий на базе интуитивного подхода разработчика практически неприемлем, т. к. требует перебора огромного количества вариантов.

Для формирования задач, решение которых обеспечивает выбор оптимальных технологий, т. е. достижение цели работы, проанализируем:

- порядок и принципы формирования и реализация программы производства одежды стабильного ассортимента;

- известные решения по применению ресурсосберегающих технологий как в швейной, так и в других отраслях промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамедов Ф.А. Проблемы повышения эффективности использования материальных и трудовых ресурсов в швейной промышленности: Дис....докт. экон. наук. – 1995.
2. Указ Президента Азербайджанской Республики "О создании особых экономических зон" от 6 марта 2007 года. – Баку.
3. Бодяло Н.Н. и др. Технология швейных изделий. – Витебск: ВГТУ, 2012.
4. Шершнева Л.П., Лачкина Л.В. Конструирование одежды. – М., 2019.
5. Практикум по моделированию и конструированию одежды / Под ред. В. Кузмичева – Иваново: ИВГПУ, 2014.
6. Савостицкий Н.А., Амирова Э.К. Материаловедение швейного производства / 7-е изд. стер. – М: Издательский центр "Академия", 2013.

7. Проектирование информационных систем управления бизнес-процессами предприятий легкой промышленности. – М.: ЗАО "Университетская", 2020.

8. Кокеткин П.П., Убарова З.С., Афанасьева Р.Ф. Промышленное проектирование специальной одежды. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

9. Беллман Р. Введение в теорию матриц / Пер. с англ. – М.: Наука, 1976.

10. Моисеев Н.Н. Математика-управление-экономика. – М.: Знание, 1970.

11. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981.

12. Капторович Л.В., Горошко А.В. Оптимальное решение в экономике. – М.: Наука, 1972.

13. Вагнер Г. Основы исследования операции. – Т.3. – М.: Мир, 1973.

REFERENCES

1. Mamedov F.A. Problemy povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya material'nykh i trudovykh resursov v shveynoy promyshlennosti: Dis....dokt. ekon. nauk. – 1995.

2. Ukaz Prezidenta Azerbaydzhanskoj Respubliki "O sozdanii osobykh ekonomicheskikh zon" ot 6 marta 2007 goda. – Baku.

3. Bodyalo N.N. i dr. Tekhnologiya shveynykh izdeliy. – Vitebsk: VGTU, 2012.

4. Shershneva L.P., Lach'kina L.V. Konstruirovaniye odezhdyy. – M., 2019.

5. Praktikum po modelirovaniyu i konstruirovaniyu odezhdyy / Pod red. V. Kuzmicheva – Ivanovo: IVGPU, 2014.

6. Savostitskiy N.A., Amirova E.K. Materialovedeniye shveynogo proizvodstva / 7-e izd. ster. – M: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2013.

7. Proektirovaniye informatsionnykh sistem upravleniya biznes-protsessami predpriyatiy legkoj promyshlennosti. – M.: ЗАО "Universitetskaya", 2020.

8. Koketkin P.P., Ubarova Z.S., Afanas'eva R.F. Promyshlennoe proektirovaniye spetsial'noy odezhdyy. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982.

9. Bellman R. Vvedeniye v teoriyu matrits / Per. s angl. – M.: Nauka, 1976.

10. Moissev N.N. Matematika-upravleniye-ekonomika. – M.: Znanie, 1970.

11. Moiseev N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. – M.: Nauka, 1981.

12. Kaptorovich L.V., Goroshko A.V. Optimal'noe resheniye v ekonomike. – M.: Nauka, 1972.

13. Vagner G. Osnovy issledovaniya operatsii. – T.3. – M.: Mir, 1973.

Рекомендована кафедрой административного управления и коммерции АТУ. Поступила 22.02.22.

СТРАТЕГИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

STRATEGY FOR THE TEXTILE INDUSTRY STATE REGULATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

А.А.НЫСАНБАЕВ¹, А.С.САДЫКОВ², М.Т.КАЛЬМЕНОВА³, А.Б.АБЕЛЬДАНОВА⁴, А.М.ЕССИРКЕПОВА¹

A.A.NYSANBAYEV¹, A.S.SADYKOV², M.T.KALMENOVA³, A.B.ABELDANOVA⁴, A.M.YESSIRKEPOVA¹

¹Академия государственного управления при Президенте Республики Казахстан,

²Международный казахско-турецкий университет им.Яссави, Республика Казахстан,

³Центрально-Азиатский инновационный университет, Республика Казахстан,

⁴Казахский университет международных отношений
и мировых языков имени Абылай хана, Республика Казахстан)

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

Khoja Ahmed Yassavi International Kazakh-Turkish University, Republic of Kazakhstan,

Central Asian Innovation University, Republic of Kazakhstan,

Kazakh Ablai Khan University of International Relations and World Languages, Republic of Kazakhstan)

E-mail: essirkepova@mail.ru

Выявление эффективных путей развития отраслей промышленности для экономического роста страны является одной из приоритетнейших задач, стоящих перед любым государством. В связи с этим дифференцированная государственная регулятивная (и дерегулирующая) политика в промышленности остается в настоящее время весьма важной. Она исключительно необходима для стратегического развития отраслей промышленности, целью которой является достижение глобального конкурентного преимущества ее продукции. Поэтому в настоящем исследовании поставлена задача предложить механизмы и стратегии государственного регулирования текстильной индустрии страны для возможного технологического рывка данной отрасли. В работе приведен перечень утвержденных национальных проектов в Республике Казахстан, которые ставят задачей развитие отраслей промышленности, и приведены индикаторы, для достижения которых крайне необходимо решение проблем, которые стоят перед отраслями, в том числе текстильной. В статье делается вывод о том, что одних законодательных изменений недостаточно, и комбинированная государственная стратегия, включающая проведение кампаний, законодательную реформу и стратегии регулирования, с большей вероятностью обеспечит эффективное развитие текстильной индустрии Республики Казахстан.

Identifying effective ways to develop industries for the economic growth of the country is one of the most important tasks facing any state. In this regard, differentiated state regulatory (and deregulatory) policy in industry remains very important at present. It is extremely necessary for the strategic development of industries, the purpose of which is to achieve a global competitive advantage of its products. Therefore, in this study, the task is to propose mechanisms and strategies for state regulation of the textile industry of the country for a possible technological breakthrough of this industry. The paper provides a list of approved national projects in the Republic of Kazakhstan that set the task of developing industries and provides indicators for the achievement of which it is extremely necessary to solve the problems

facing industries, including textile. The article concludes that legislative changes alone are not enough, and a combined state strategy, including campaigns, legislative reform and regulatory strategies, is more likely to ensure the effective development of the textile industry of the Republic of Kazakhstan.

Ключевые слова: стратегия, государственное регулирование, текстильная индустрия, Республика Казахстан.

Keywords: strategy, state regulation, textile industry, Republic of Kazakhstan.

Введение

Одной из актуальных задач промышленной политики любой страны является рост обрабатывающих производств, к которым относится и текстильная отрасль. Эта отрасль в настоящее время сталкивается с серьезными проблемами, главными из которых является технологическая отсталость и неэффективная система институционального развития.

Прорыв в развитии текстильной отрасли возможен на основе новых подходов к управлению [1]. В связи с этим необходима выработка новых стратегий, в том числе государственных рычагов регулирования, для долгосрочного роста текстильной промышленности и конкурентоспособности этой отрасли [2...4].

Текстильная и легкая промышленность являются сферой производства национального значения, что подтверждается принятием расширенных мер государственного регулирования, направленных на их успешное развитие и создание рынков [5], [6]. Изучение и расширение таких мер государственной поддержки является особенно актуальным в связи с отраслевым кризисом, возникшим в связи с распространением пандемии коронавируса COVID-19 и выявлением системных проблем в промышленности, особенно, после январских событий в Казахстане.

Несмотря на то, что развиваются новые виды текстильного производства, промышленность все еще находится в кризисе. Текстильный кластер, созданный в южном регионе Казахстана, работает не полностью. Основная проблема – нехватка сырья и финансовых ресурсов [7]. Поэтому задачей данного исследования является выработка

эффективных методов и инструментов государственного регулирования, позволяющих совершенствовать стратегию развития текстильной отрасли.

Методы

Методами исследования являются сравнение, структурный анализ и абстрактно-логические методы. Данные, использованные для проведения исследования в этой статье, были взяты из открытых источников. В статье приведены статистические данные о современном состоянии текстильной отрасли Республики Казахстан с официального сайта.

Результаты и обсуждения

В Казахстане осуществляется значительная государственная поддержка отраслей промышленности, в том числе обрабатывающих. В 2020 году запущена программа поддержки экспорта для предприятий пищевой и легкой промышленности. Целью ее является организация логистической цепи поставок от казахстанского производителя до зарубежного потребителя, что призвано оказать значительное влияние на экспортные потоки данных отраслей экономики.

Получил активное развитие процесс консолидации и совместного выхода на рынок предприятий, формой собственности которых является объединение производственных мощностей на принципах международного сотрудничества.

Как показывает международная практика, наиболее эффективным способом развития текстильной промышленности в последние десятилетия является региональная кластерная политика. Если посмотреть зарубежный опыт, то можно увидеть, что текстильные кластеры созданы в Китае

(Чжэцзяне, Гуандун, Цзянсу); в Турции (Стамбул, Измир, Бурса); во Франции (Нор-Па-де-Кале, Ронские Альпы) [8]. В Казахстане хлопково-текстильный кластер был сформирован еще 2005 году, однако он не получил такого стремительного развития, как предполагалось.

В 2021 году начата реализация 10 национальных проектов, которые пришли взамен почти всем государственным программам развития. Пути и индикаторы роста текстильной промышленности предусмотрены сразу в четырех национальных проектах: "Устойчивый экономический рост, направленный на повышение благосостояния казахстанцев", "Технологический рывок за счет цифровизации, науки и инноваций", "Сильные регионы – драйвер развития страны" по развитию предпринимательства [9].

В настоящее время динамика экономических показателей текстильной промыш-



Рис. 1

В настоящий момент сфера текстильного производства способна обеспечить не более 12% от общего объема потребностей внутреннего рынка. Подобная ситуация сложилась вследствие воздействия ряда негативных факторов. В связи с этим предлагается принятие комплексной стратегии государственного регулирования текстильной индустрии (рис. 3 – комплексная стратегия государственного регулирования текстильной индустрии РК).

Однако эта стратегия должна проводиться параллельно с эффективными изменениями на самих предприятиях. Прежде всего предприятиям отрасли необходимо структурировать производственные процессы, сформировав долгосрочную стратегию развития. В данном случае наиболее

ленности Республики Казахстан показывает неоднозначное развитие. Так, несмотря на рост в номинальном стоимостном выражении объемов производства в среднем на 105,8 процента за последние 5 лет и на рост доли продукции текстильной отрасли в общем объеме промышленной продукции на 0,1% в 2020 году по сравнению с 2019 годом, по другим показателям наблюдается либо снижение, либо скачок показателей: число предприятий и производств показано на рис. 1 (число предприятий и производств в текстильной промышленности РК [10]), динамика прибыли (убытка) до налогообложения, инвестиций в основной капитал и рентабельности на предприятиях показаны на рис. 2 (динамика прибыли (убытка) до налогообложения, инвестиций в основной капитал и рентабельности на предприятиях текстильной отрасли РК [10]).



Рис. 2

оптимальным будет сотрудничество с иностранными производителями текстильных изделий. Данный вид сотрудничества позволит отечественным предприятиям выйти на качественно новый уровень за счет привлечения инвестиций, получения дополнительных навыков продаж и продвижения на рынке, а также изучения мирового опыта работы ведущих производителей. На данный момент казахстанские товаропроизводители проигрывают рынки сбыта не только мировые, но и отечественный. В настоящее время рынок заполнен как высококачественной продукцией по очень высоким ценам, так и низкокачественной продукцией по сниженной цене, что значительно тормозит процессы развития отечественных предприятий.

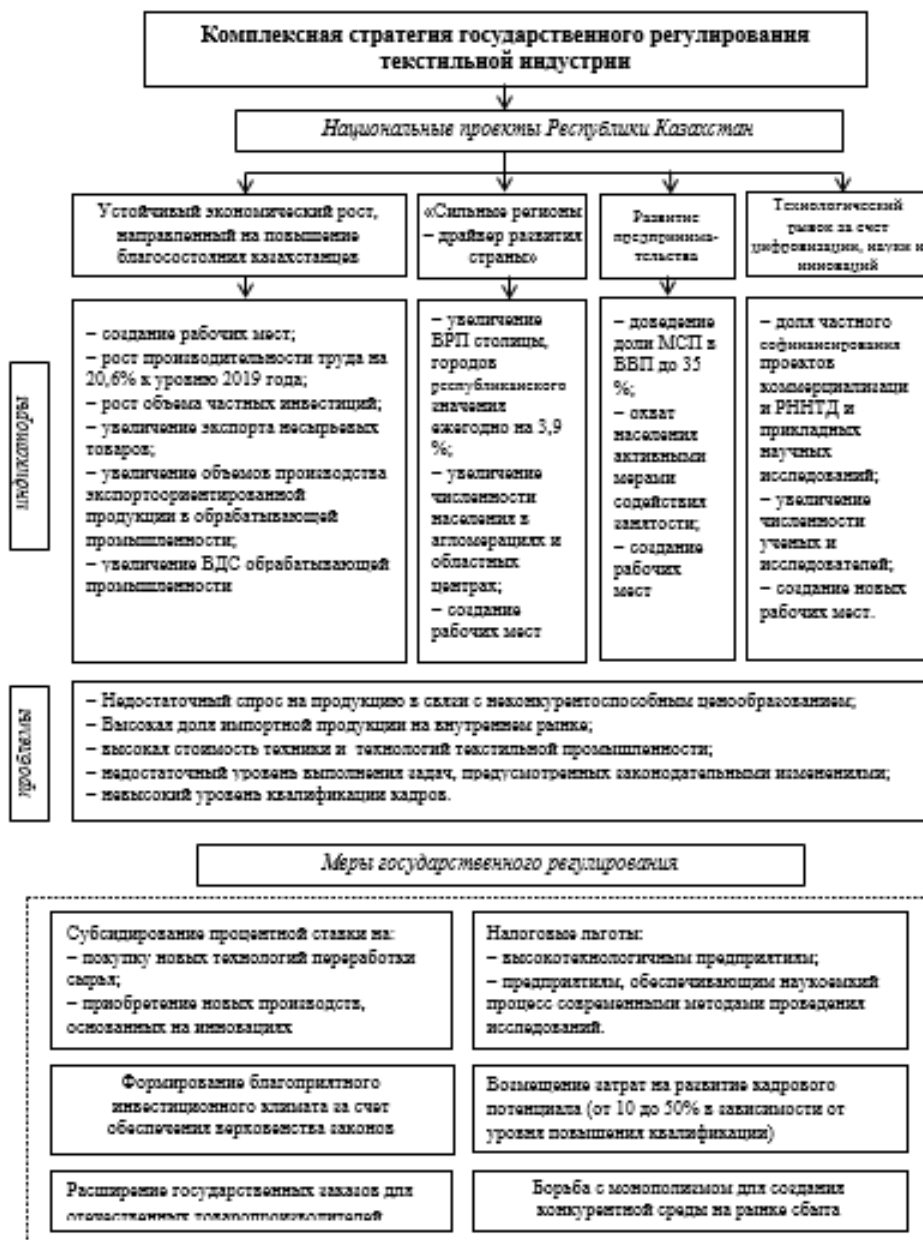


Рис. 3

К ним можно отнести низкий уровень сырьевой обеспеченности отрасли, недостаточный уровень квалификации персонала, а также слабые механизмы сбыта, продвижения продукции отечественных производителей на мировом рынке. Одновременно с имеющимися проблемами имеются факторы, способные при правильном их использовании, оказать значительное воздействие на эффективность текстильной отрасли РК. К ним относятся: сформировавшийся хлопковый кластер; возрастание интереса инвесторов к данному сектору экономики, а также принятые меры поддержки на уровне государства.

В Ы В О Д Ы

В настоящее время, исходя из реалий сегодняшнего дня, для казахстанских товаропроизводителей наиболее предпочтительным остается сегмент, ориентированный на выпуск спецодежды для специалистов из госорганов. В этом направлении уже сейчас имеются значительные наработки, заключены долгосрочные контракты, прописаны условия поставки на много лет вперед. С позиции местных товаропроизводителей текстиля данная схема работы сейчас приносит наибольшую выгоду, так как другие пути потребуют привлечения дополни-

тельных инвестиций, что в условиях нестабильности представляется высоко рискованным мероприятием. Сегмент госзаказов обеспечивает товаропроизводителям небольшой, но стабильный доход, опираясь на который предприятия в дальнейшем смогут встать на более уверенные позиции, способные вывести казахстанских товаропроизводителей на мировой рынок. Однако в данном вопросе получается замкнутый круг: чем ниже квалификация работника, тем ниже его заработная плата, тем ниже его возможности повышать свою квалификацию вследствие недостаточности финансовых ресурсов, необходимых для инвестирования в получение новых знаний посредством обучения на соответствующих курсах. Выходом из этой ситуации, в частности, представляется необходимость подготовки необходимых кадров за счет предприятия с субсидированием за счет государственного бюджета, так как отсутствие свободных финансов у предприятия, а также риск потерять уже обученного работника вследствие перехода его в другую организацию вследствие непроработанности механизма отработки средств, влечет за собой новый виток нерешенных проблем, оказывающих значительное воздействие на торможение процессов развития отрасли в целом.

Возрождение отечественной текстильной промышленности с помощью правильных рычагов государственного регулирования приведет к значительному экономическому и социальному эффектам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ибрагимова Р. С.* Концептуальные факторы долгосрочного роста текстильной промышленности России //Россия: тенденции и перспективы развития. – 2020, №. 15-1. С. 279...282.
2. *Епанчинцева С. Э., Солтыбай Ж. Д.* Государственный механизм регулирования развития текстильного кластера в Казахстане //Российская наука в современном мире. – 2019. С. 97...100.
3. *Durru D.K., Yessirkepova A.M., Parmanova R.S., Duisembekova G.R., Durru O.* The development of institutional support system for the textile industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2019. Iss.1. P. 75...83

4. *Закшевская Е.В., Куксин С.В., Загайтов И.Б.* Стратегия государственного регулирования российского зернового рынка на основе прогнозов производства зерна //Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016, №. 4. С.169...178.

5. *Дорофеева А.М.* Текстильная и легкая промышленность как сферы государственного регулирования //Будущее науки-2020. – 2020. С. 402...405.

6. *Yessirkepova A.M., Imanbayev A.A., Taibek Z.H.K., Erkebalayeva V.Z., Isayeva G.K.* Priority market niches in the world market for production of light industry of the Republic of Kazakhstan // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2019. Iss.1. P. 112...120

7. *Илашева С. А. и др.* Повышение эффективности развития текстильной промышленности Казахстана //Научные труды ЮКГУ им. М. Ауэзова. – 2015, №. 3. С. 161...164.

8. *Рычихина Н.С.* Анализ стадий "жизненного цикла" развития текстильной отрасли Ивановской области (Россия) //Экономика и банки. – 2013, №. 2.

9. Национальные проекты. <https://primeminister.kz/ru/documents/national-projects>

10. Промышленность Республики Казахстан. 2016-2020. Статистический сборник. - Нур-Султан, 2021. – 201 с. -<https://stat.gov.kz/edition/publication/collection>

REFERENCES

1. *Ibragimova R. S.* Kontseptual'nye faktory dologosrochnogo rosta tekstil'noy promyshlennosti Rossii //Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya. – 2020, №.15-1. S. 279...282.
2. *Epanchintseva S. E., Soltybay Zh. D.* Gosudarstvennyy mekhanizm regulirovaniya razvitiya tekstil'nogo klastera v Kazakhstane //Rossiyskaya nauka v sovremennom mire. – 2019. S. 97...100.
3. *Durru D.K., Yessirkepova A.M., Parmanova R.S., Duisembekova G.R., Durru O.* The development of institutional support system for the textile industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2019. Iss.1. P. 75...83
4. *Zakshevskaya E.V., Kuskun S.V., Zagaytov I.B.* Strategiya gosudarstvennogo regulirovaniya rossiyskogo zernovogo rynka na osnove prognozov proizvodstva zerna //Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016, №. 4. S.169...178.
5. *Dorofeeva A.M.* Tekstil'naya i legkaya promyshlennost' kak sfery gosudarstvennogo regulirovaniya //Budushchee nauki-2020. – 2020. S. 402...405.
6. *Yessirkepova A.M., Imanbayev A.A., Taibek Z.H.K., Erkebalayeva V.Z., Isayeva G.K.* Priority market niches in the world market for production of light industry of the Republic of Kazakhstan // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2019. Iss.1. P. 112...120

7. Ilasheva S. A. i dr. Povyshenie effektivnosti razvitiya tekstil'noy promyshlennosti Kazakh-stana //Nauchnye trudy YuKGU im. M. Auezova. – 2015, №.3. S. 161...164.

8. Rychikhina N.S. Analiz stadiy "zhiznennogo tsikla" razvitiya tekstil'noy otrasli Ivanovskoy oblasti (Rossiya) //Ekonomika i banki. – 2013, №. 2.

9. Natsional'nye proekty. <https://primeminister.kz/ru/documents/national-projects>

10. Promyshlennost' Respubliki Kazakhstan. 2016-2020. Statisticheskiy sbornik. - Nur-Sultan, 2021. – 201 s. -<https://stat.gov.kz/edition/publication/collection>

Поступила 10.04.22.

УДК 334.012.23

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_48

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ СТРУКТУР В ОТРАСЛИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ХЛОПКА

PROSPECTS FOR THE CREATION OF INTEGRATED INNOVATIVE STRUCTURES IN THE COTTON PROCESSING INDUSTRY

К.К. НУРАШЕВА, Ж.М. СЕЙСЕНБАЕВА, А.А. АЛЬЖАНОВА

K.K. NURASHEVA, Zh.M. SEISENBAYEVA, A.A. ALZHANOVA

(Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан)

(M.Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: nurasheva@mail.ru; zhannet.malik@bk.ru

На фоне кризисных явлений в мире ведется поиск инновационных форм управления производством. На примере индустрии по переработке хлопка предлагается вариант построения вертикально интегрированной структуры, которая представляет последовательность звеньев технологической цепи, начиная от выращивания хлопка, кончая изготовлением готового текстиля. Происходит кооперация хозяйственной деятельности предприятий, оптимизация бизнес-процессов с целью снижения преград для интеграции в рамках цепочки поставок и вовлечения мелких землевладельцев в товарный оборот. Участниками объединения могут быть территориально разрозненные сельхозформирования, не способные в силу разных причин эффективно вести хозяйственную деятельность самостоятельно, а также перерабатывающие хлопок заводы, обслуживающие компании и торговля. Благодаря кооперации интегрированная структура становится системообразующей в регионе.

Against the background of crisis phenomena in the world, the search for innovative forms of production management is underway. Using the example of the cotton processing industry, a variant of building a vertically integrated structure is proposed, which represents a sequence of links in the technological chain, starting from cotton cultivation, ending with the manufacture of finished textiles. There is a cooperation of enterprises economic activities, optimization of business processes in order to reduce barriers to integration within the supply chain and the involvement of small landowners in commodity turnover. The participants of the association may be geographically disparate agricultural formations that are not able, for various reasons, to effectively conduct economic activities independently, as well as cotton processing plants, service companies and trade. Thanks to cooperation, the integrated structure becomes the backbone in the region.

Ключевые слова: инновации, вертикально интегрированная структура, производственная цепочка, переработка хлопка.

Keywords: innovation, vertically integrated structure, production chain, cotton processing.

В современном мире на фоне кризисных явлений, вызванных пандемией коронавируса, скачками цен на энергоресурсы, металлы, основные виды сырья для индустрии, необходим поиск инновационных форм организации технологий и систем управления производством. В этом плане интерес представляют новые интеграционные формы управления в отраслевых системах [1], [2]. Границы интеграции субъектов хозяйствования могут находиться как в горизонтальных, так и в вертикальных областях. На примере индустрии по переработке хлопка рассмотрим вариант построения вертикально интегрированной структуры (ВИС).

Известны разные системы управления бизнесом в интегрированных структурах. Нами выбрана концепция корпоративного управления [3]. Она представляется как объединение в одной компании различных стадий агропромышленного производства, связанных единой производственно-сбытовой цепочкой, начиная от производства сельхозпродукции и заканчивая реализацией конечной продукции.

Дело в том, что производство любого продукта можно рассматривать как последовательность звеньев технологической цепи. Такая цепь состоит из добычи сырья, его обработки, транспортировки, изготовления конечного продукта, упаковки, хранения, оптовой продажи, розничной торговли, послепродажного сервисного обслуживания и т.д. Речь идет о достраивании недостающих элементов в производствах, имеющих сырьевую ориентацию, с целью выпуска продукции более высокого передела. Происходит оптимизация бизнес-процессов внутри компании, кооперация хозяйственной деятельности предприятий с целью достижения максимального эффекта [4].

Вертикальная интеграция выступает регулятором ценообразования, повышает

окупаемость и эффективность капитальных вложений. Без разгона инфляции, неценовым способом решается проблема распределения эффекта, обеспечиваются вложения в новые средства производства, технологии, инновационные продукты и процессы.

Без сомнения, ВИС усиливает конкурентные преимущества, снижая издержки практически на всех стадиях производства. Комбинация ресурсов партнеров создает больше ценности, чем ценность при раздельном производстве [5]. Однако, нет однозначного ответа, что ВИС будет абсолютно эффективной. Преимущества ее и возможные угрозы показаны в табл. 1.

Из сказанного выше вытекает, что вертикальная интеграция должна иметь гибкую организационную структуру, подвижную во времени и пространстве. В новой структуре имеет смысл избавиться от устаревших представлений о составе подразделений, звеньях технологического процесса. В нашем случае предлагаем ее частично трансформировать в региональную структуру. Это естественно, т.к. на юге страны хлопок относится к главной сельхозкультуре, в других регионах страны хлопок не растет и значительная часть индустрии, сферы услуг обслуживает эту отрасль [6], [7]. В случае, когда вовлекаются некоторые хозяйства региона, интегрированная структура становится системообразующей, экономическое состояние ряда предприятий, благосостояние граждан зависят от этого интеграционного объединения. Принимая во внимание, что каждый житель региона может быть совладельцем того, что находится на данной территории, учредители и/или совладельцы ВИС организуют деятельность на принципах равного и совместного владения.

Преимущества	Возможные угрозы
Использование производственной цепочки позволяет согласовать технологические параметры конечной продукции	1. Появление новых, более экономичных технологий 2. Внутри производственной цепочки могут существовать нерентабельные технологические процессы, которые живут за счет прибыльных производств
У компании есть все возможности расширять ассортимент, дорабатывать недостающие цепочки, оперативно реагировать на запросы потребителей	1. Мощная технологическая интеграция может породить монополию 2. Иногда требуются крупные стартовые капиталовложения
Снижение неопределенности и рисков в случае интеграции в связи с применением коллективных усилий	Возникновение компаний-конкурентов, ввоз более дешевой продукции из-за рубежа
Уменьшение доли импорта продукции, полное импортозамещение, наполнение товарами отечественного производства внутреннего рынка	Появление импортных товаров более высокого качества и/или по низким ценам из соседних регионов и стран
Усиливается маркетинговая составляющая реализации продукции, т.к. у компании есть возможность продавать как готовый продукт, так и полуфабрикат	Неумелая сбытовая политика, отсутствие хорошей рекламы, сервиса
Экономия оборотных средств за счет установления промежуточных затрат и цен на полупродукты/ полуфабрикаты вдоль всего технологического цикла	Появление на рынке новых, более дешевых видов сырья, полуфабрикатов
Снижение себестоимости конечного продукта вследствие сокращения издержек на поиск партнеров, заключение договоров, контроля всех стадий производства	Возможно раздувание управленческих структур по выполнению различных процедур по контролю, поиску рынков сбыта, рекламе, заключению контрактов и проч.



Рис. 1

Частная собственность, образованная заинтересованными хозяйствами региона, включая создаваемую интегрированную структуру, а также участие местного населения на принципах равного и совместного владения имуществом, является основанием для приобретения корпоративных благ и образования прибыли, удовлетворяющей интересам сообщества. Каждый

житель города (региона) – владелец только части корпоративной собственности, которую он может использовать с пользой для себя (например, акции компаний, совладельцами которых являются жители). Первичными являются интересы, запросы населения региона (потребителя), поэтому в представленной ВИС потребитель изображен вверху схемы (рис. 1 – состав звеньев вертикально-интегрированной структуры (ядро – хлопково-текстильный кластер; составлено авторами)).

В представленной схеме каждая структура может принимать самостоятельное решение. Право принятия решения передается на тот уровень, который может лучше всего справиться с проблемой. Убираются структуры, которые не создают валовую добавленную стоимость. Указанные на верхнем уровне операторы представляют различные ресурсы и услуги. Безусловно, каждый блок на схеме выполняет несколько функций, в рамках которых могут быть различные связи и отношения. Например, реализация готовой продукции включает множество работ по продажам,

изучению спроса и предложения, рекламе, определению цены, сервисному обслуживанию и др.

Учитывая, что хлопково-текстильный кластер на юге Казахстана существует примерно десять лет [7], [8], а его эффективность мала, авторы предложили руководству региона интегрировать все производства от момента выращивания хлопка до получения готовых текстильных изделий. При этом каждое подразделение должно обладать потенциалом для поиска передовых технологий, новых рыночных возможностей, учесть угрозы для бизнеса со стороны конкурентов (к примеру, узбекские хлопкоробы).

В отличие от известных в мировой практике форм интеграции компаний, предлагаемая нами структура представляет собой коллективную собственность, где владельцы – пайщики, и доход распределяется в соответствии с внесенным вкладом. Другое отличие – пайщики и члены их семей могут работать на этом предприятии и получать заработную плату за труд. Последовательность действий по организации ВИС представляет собой процесс создания потребительской ценности конечного продукта. Цепочка ценности включает как основные, так и вспомогательные виды деятельности компании и отражает концептуальный подход к производству.

ВЫВОДЫ

1. Развитие вертикальных/горизонтальных связей между перерабатывающими хлопком предприятиями и сельхозпроизводителями путем снижения преград для интеграции в рамках цепочки поставок с целью вовлечения мелких землевладельцев в товарный оборот представляется важным аргументом в пользу объединения.

2. Участниками ВИС могут быть, с одной стороны, территориально разрозненные сельхозформирования, не способные в силу разных причин эффективно вести хозяйственную деятельность самостоятельно; с другой стороны – перерабатывающие, обслуживающие, торговые организации могут войти в эту структуру.

3. Установлено, что интеграция позволяет улучшить продуктивность аграрного сектора, получить доступ к товарным рынкам, а также обеспечить соответствие мировым стандартам качества и безопасности продукции. Решаются важные задачи – защитить внутренний рынок, производить конкурентоспособную продукцию, реализовать программы развития аграрного сектора в жизнь, быстрее перейти на новые технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куркина Е.С., Князева Е.Н. Эволюция пространственных структур мира: математическое моделирование и мировоззренческие следствия // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. – 2013. Т.21. № 4. С.93...114. narod.ru/Kartochka <https://spkurdyumov.ru/uploads/2013/08/knkur1000.pdf>
2. Князева Е.Н. Научная революция в когнитивной науке в контексте развития теории сложности // Гуманитарный вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2019, № 1(75). DOI: 10.18698/2306-8477-2019-1-586
3. Вертикально и горизонтально интегрированные предприятия. Холдинговые формы управления диверсифицированными компаниями <https://userdocs.ru/ekonomika/34329/index.html>
4. Темирбекова А.Б., Дуламбаева Р.Т., Калдияров Д.А. Аграрный сектор Республики Казахстан в условиях пандемии // Проблемы агрорынка. – 2021, №4. С.23...30 <https://doi.org/10.46666/2021-4.2708-9991.02>
5. OECD (2019). Monitoring the development of agricultural cooperation in Kazakhstan. <https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/central-asia/Kazakhstan-Monitoring-Agricultural-Co-operatives-2019-RUS.pdf>
6. Производство тканей в Казахстане в плюсе, хлопка – в минусе. Опубликовано 17.06.2020 <https://kapital.kz/economic/87905/proizvodstvo-tkaney-v-kazakhstane-v-plyuse-khlopka-v-minus.html>
7. Легкая промышленность в 2020 году. Казахстанский центр индустрии и экспорта <https://qazindustry.gov.kz/ru/article/1830-legkaya-promyshlennost-v-2020-godu>
8. Национальный проект по развитию агропромышленного комплекса Республика Казахстан на 2021-2025 годы. Постановления Правительства Республики Казахстан от 25 мая 2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000423>

REFERENCES

1. Kurkina E.S., Knyazeva E.N. Evolyutsiya prost-ranstvennykh struktur mira: matematicheskoe modelirovanie i mirovozzrencheskie sledstviya // Izv. vuzov. Prikladnaya nelineynaya dinamika. – 2013. T.21. № 4.

S.93...114. narod. ru/Kartochka <https://spkurdyumov.ru/uploads/2013/08/knkur1000.pdf>

2. Knyazeva E.N. Nauchnaya revolyutsiya v kognitivnoy nauke v kontekste razvitiya teorii slozhnosti // Gumanitarnyy vestnik MGTU im. N.E. Baumana. – 2019, № 1(75). DOI: 10.18698/2306-8477-2019-1-586

3. Vertikal'no i gorizontal'no integrirovannyye predpriyatiya. Kholdingovyye formy upravleniya diversifitsirovannymi kompaniyami <https://userdocs.ru/ekonomika/34329/index.html>

4. Temirbekova A.B., Dulambaeva R.T., Kaldiyarov D.A. Agrarnyy sektor Respubliki Kazakhstan v usloviyakh pandemii // Problemy agrorynka. – 2021, №4. S.23...30 <https://doi.org/10.46666/2021-4.2708-9991.02>

5. OECD (2019). Monitoring the development of agricultural cooperation in Kazakhstan. [https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/central-asia/Kazakhstan-](https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/central-asia/Kazakhstan-Monitoring-Agricultural-Cooperatives-2019-RUS.pdf)

stan-Monitoring-Agricultural-Cooperatives-2019-RUS.pdf

6. Proizvodstvo tkaney v Kazakhstane v plyuse, khlopka – v minuse. Opublikovano 17.06.2020 <https://kapital.kz/economic/87905/proizvodstvo-tkaney-v-kazakhstane-v-plyuse-khlopka-v-minuse.html>

7. Legkaya promyshlennost' v 2020 godu. Kazakhstanskiy tsentr industrii i eksporta

<https://qazindustry.gov.kz/ru/article/1830-legkaya-promyshlennost-v-2020-godu>

8. Natsional'nyy proekt po razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa Respublika Kazakhstan na 2021-2025 gody. Postanovleniya Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 25 maya 2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000423>

Поступила 11.05.22.

УДК 316.35

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_52

ВЛИЯНИЕ ПРОЕКТНОГО ПОДХОДА НА НАРАЩИВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ МЕНЕДЖЕРОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМПАНИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ*

THE IMPACT OF THE PROJECT APPROACH ON BUILDING THE MANAGERS' COMPETENCIES OF AN INDUSTRIAL COMPANY IN THE DIGITALIZATION CONTEXT

*X.З. КСЕНОФОНТОВА¹, В.В. ФИЛАТОВ², В.Ю. МИШАКОВ²,
Н.В. СЕДОВА³, О.А. ПОЛЯНСКАЯ⁴, И.В. ПОЛОЖЕНЦЕВА⁵*

*KH.Z. KSENOFONTOVA, V.V. FILATOV, V.YU. MISHAKOV,
N.V. SEDOVA, O.A. POLYANSKAYA, I.V. POLOZHENTSEVA*

¹Московский политехнический университет (Московский Политех),

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

³Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,

⁴Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова,

⁵Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ))

**(Moscow Polytechnic University (Moscow Polytechnic University),
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Plekhanov Russian University of Economics,
Saint-Petersburg State Forest Technical University,
K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University))**

E-mail: xenophontova@mail.ru; filatov_vl@mail.ru; mishakovvictor@yandex.ru;
Sedova.NV@rea.ru; polyanskaya_78@mail.ru; pologencevaiv@mgutm.ru

Современный этап развития мировой экономики характеризуется переходом к новому технологическому укладу, глобализацией социально-экономических процессов, ростом их непредсказуемости и неустойчивости,

* НИР: Статья выполнена в рамках научно-исследовательской работы на тему "Драйверы развития малого и среднего предпринимательства в сфере цифровых технологий" финансируемой из средств ФГБОУ ВО "РЭУ им. Г.В. Плеханова".

высоким уровнем рисков при принятии управленческих решений. Статья посвящена исследованию вопроса влияния проектного подхода на наращивание компетенций менеджеров разных уровней управления в промышленной компании.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в обосновании необходимости применения проектного подхода в процессе наращивания компетенций менеджеров разных уровней управления.

Раскрыты предпосылки и содержание трансформационных изменений, происходящих в технике, технологиях, на рынке труда. Обоснована необходимость формирования и развития компетенций менеджеров, позволяющих своевременно и адекватно реагировать на изменения во внешней и внутренней среде. Разработана структурно-логическая схема процесса развития компетенций менеджеров разных уровней управления под влиянием проектного подхода.

Обоснована необходимость децентрализации управления и лидерства в компании посредством формирования команд, наращивания личностного потенциала сотрудников.

The current stage of the world economy development is characterized by the transition to a new technological order, the globalization of socio-economic processes, the growth of their unpredictability and instability, a high level of risks in making managerial decisions. The article is devoted to the study of the impact of the project approach on building the competencies of managers at different levels of management in an industrial company.

The theoretical and practical significance of the study lies in the justification the need to apply a project approach in the process of building the competencies of managers at different levels of management.

The prerequisites and content of transformational changes taking place in technology, and the labour market are revealed. The necessity of formation and development of managers' competencies that allow timely and adequate response to changes in the external and internal environment is substantiated. A structural and logical scheme of the developing the competencies of managers process at different levels of management under the influence of the project approach has been developed.

The necessity of management decentralization and leadership in the company through the formation of teams, building the personal potential of employees is substantiated.

Ключевые слова: проектный подход, компетенции менеджеров, формирование команды.

Keywords: project approach, managers' competencies, team formation.

Введение

В условиях перехода к цифровой экономике компетенции менеджеров являются активами развития конкурентоспособности компании. Формирование и развитие компетенций менеджеров является основой для наращивания человеческого капитала компании.

В современных экономических условиях предприятиям необходимо становиться инновационными, гибкими, адаптивными к быстро изменяющимся условиям рынка, креативными в процессе разработки и реализации управленческих решений [13].

Материалы и методы

Методологическая база исследования включает теоретические положения стратегического менеджмента, производственного менеджмента, управления персоналом. Использование совокупности диалектического, системного методов. Результаты социологического исследования в период с сентября 2021 по ноябрь 2021 гг. на промышленном предприятии г. Пензы АО "НИИПТХиммаш".

Проектный подход и развитие компетенций управленческого персонала

В современной действительности одним из методов развития компетенций менеджеров является командная работа, основанная на проектном подходе.

Развитие проектного подхода основывается на использовании методологии менеджмента [1]. В зависимости от эволюционного развития проектной деятельности меняется трактовка понятия "проект".

В работах И.И. Мазур, В.Д. Шапиро под проектом понимается некая задача с определенными данными и требуемыми результатами, обуславливающими выбор способа ее решения [2].

В теории и практике используется понятие "проектный подход". Определенный вклад в изучение данного подхода внесли Т.Н. Жукова, Э.В. Строилов, С.Б. Фисенко и другие. По их мнению, проектный подход – это методология управления, используемая для создания нового опыта [3...5]. Проектный подход имеет определенное эволюционное развитие (табл. 1 – эволюционное развитие проектного подхода – составлено авторами).

При внедрении проектного подхода в управлении компании меняется процесс постановки целей, разработки стратегии, бизнес-модель, принятие решений, реализация бизнес-процессов.

В основе исследования – продуманная методологическая база, включающая совокупность методов, средств и инструментов.

Развитие компетенций менеджеров – постоянный непрерывный процесс, который включает в себя: 1) наращивание знаний, навыков, способностей; 2) передачу новых знаний, навыков, способностей подчиненным; 3) включение сотрудниками новых знаний, навыков, способностей в бизнес-процессы коллектива.

Т а б л и ц а 1

Период развития подхода	Название этапа	Суть этапа развития
50-е годы	Управление проектами – отдельная отрасль знаний	Происходит разделение труда, календарное планирование (например, создание WBS- иерархической структуры работ)
60-70-е годы	Развитие системного подхода к управлению проектами	Автоматизация офисной и деловой деятельности, развитие вычислительной техники (например, PERT, CPM, MRP)
80-е годы	Управление проектами – сфера профессиональной деятельности	Акцент на качество Доступность массового программного обеспечения (например, использование программного обеспечения для обучения персонала)
90-е годы	Глобализация, унификация проектов	Повышение продуктивности (например, увеличение продаж для компании)
2000-е годы	Повышение клиентоориентированности	Реализация потенциала организации
2020-е годы – н.в.	Влияние проектного подхода на формирование и развитие конкурентных преимуществ компании	Создание проектных команд внутри предприятия

Для реализации проектного подхода в процессе наращивания компетенций менеджеров необходимо разработать принципы проектного подхода, методики оценки и развития компетенций [6].

Использование проектного подхода в компании характеризуется определенными преимуществами: гибкостью, мотивацией сотрудников [7], адаптивностью, развитием компетенций менеджеров.

Обеспечение российских промышленных компаний компетентным руководством становится актуальной потребностью и одной из основных задач развития цифровой экономики. Уровень развития компетенций менеджеров определяет его соответствие профилю компетенций должности. Структурно-логическая схема процесса развития компетенций менеджеров разных уровней управления под влиянием проектного подхода представлена на рис.1 (разработано авторами).

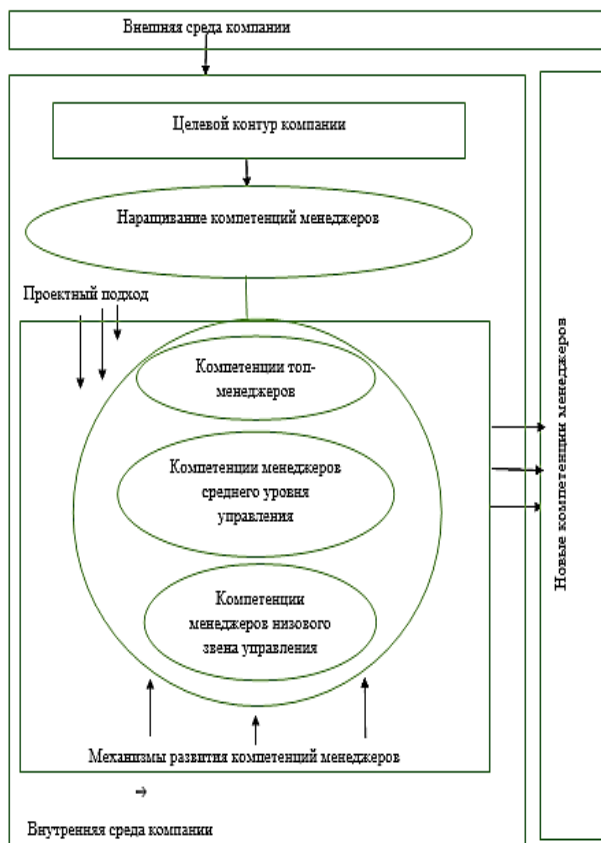


Рис. 1

Для оценки влияния проектного подхода на наращивание компетенций менеджеров проведено исследование в течение 2020-2021 гг. на промышленном предприятии г. Пензы АО "НИИПТХиммаш".

На вопрос: "Применяется ли проектное управление в организации"? Большинство респондентов на исследуемом предприятии (78%) ответили отрицательно, 22% опрошенных затруднились ответить на вопрос.

В результате анализа были определены области, в которых менеджеры ощущают потребность в знаниях (рис. 2 – области

знаний, необходимые менеджерам в современных условиях (составлено авторами)).



Рис. 2

Как видно из рис.2, на исследуемом предприятии респонденты отметили, что им необходимы знания в областях: управления компанией (28%), организацией и управлением производством (23%), меньше всего знания востребованы в области правовых основ управления предприятием (3%).

Проанализировав уровень знаний управленческого персонала на АО НИИ-ПТХиммаш, необходимо изучить навыки менеджеров, как одной из составляющих их компетенций.



Рис.3

Как видно из рис.3 (навыки, необходимые менеджерам на исследуемом промышленном предприятии (составлено авторами)), большинство руководителей отметили, что им необходимы навыки формирования и работы в команде (29%) и навыки лидерства (26%).

Менеджер, имеющий навык формирования команды, создает новое видение по развитию персонала компании, при этом ресурсы используются меньше, а результат достигается быстрее. Они развивают людей и команды и адаптируют процессы под

изменяющуюся действительность [8]. Необходимые компетенции современного лидера: системность мышления; креативность; эмоциональный интеллект; самообучение; работа в команде; обучение персонала; мотивация персонала.



Рис. 4

Анализируя данные рис.4 (профессиональные способности, необходимые менеджерам на исследуемом промышленном предприятии (составлено авторами)), следует отметить, что к необходимым способностям респонденты отнесли следующие: участвовать в проектной деятельности (24%) и креативно мыслить и организовывать производство инновационного продукта (21%).

Из полученных данных необходимо отметить, что руководители испытывают недостаток знаний, навыков, способностей, необходимых для выполнения должностных обязанностей и функций. Предприятию следует внедрять проектный подход в развитие компетенций менеджеров.

Одним из ключевых направлений проектного подхода становится – формирование команды. В рамках проектов формируются команды по совершенствованию стратегии и бизнес-модели компании, развиваются необходимые компетенции менеджеров.

ВЫВОДЫ

Таким образом, наиболее эффективной формой взаимодействия в условиях новой промышленной революции и цифровизации экономики являются команды [9].

Команды аккумулируют различный спектр знаний, навыков, способностей, а также образцов мышления и ценностных установок [10]. Они формируют особую среду взаимодействия, стимулирующую креативность и инновации. Для промышленных компаний РФ характерно формирование двух типов команд: команды, ориентированные на решение внутрипроизводственных задач, и внешнеориентированные команды. Для второго типа команд важно понимание потребности внешнего окружения (клиентов, бизнес-партнеров, органов власти).

В российских компаниях до сих пор используется преимущественно первый подход к командообразованию, согласно которому команде, ориентированной на успех, необходимо сосредоточить усилия на внутренних процессах, отношениях между членами команды. Между тем, инновационно-активные организации считают, что традиционная модель командообразования работает недостаточно эффективно. Одной из причин является изменение контуров лидерства и связанных в связи с этим компетенций и моделей поведения руководителей команд [12].

Лидерство в условиях новой технологической революции больше не является привилегией топ-менеджмента, так как организация одновременно сталкивается с многообразными, сложными проблемами, протекающими как из внешней, так и из внутренней среды. В связи с этим теряется смысл сосредоточения всей полноты власти и ресурсов в едином центре. Требуется децентрализация управления и рассредоточенное лидерство и внутри компании, и за ее границами [11]. Соответственно, члены команды должны быть не только профессионалами, которые владеют определенными компетенциями, но и понимать ситуацию во внешней среде, представлять направления развития организации, предвидеть возможные изменения ролей и функций как руководителей, так и сотрудников.

В новых условиях функционирования компании руководители всех уровней управления должны также осознавать, что кроме использования возложенных на них

должностной позицией функций они должны также научиться исполнять и новые для них роли (стратег, инноватор, аналитик, организатор, партнер и другие) [14]. Следовательно, эффективное управление потребует вовлечения в работу гораздо большего количества составляющих их личного потенциала, а не только тех компетенций, которые предусмотрены должностью. Кроме того, руководителям следует особое внимание уделять развитию личностного потенциала своих сотрудников, так как в нем таятся нередко нереализованные способности и невостребованная энергия людей. К тому же им важно осознавать, что исполнение более важной роли морально и психологически обязывает и дисциплинирует сотрудников, повышает их ответственность.

Таким образом, в условиях новой промышленной революции и цифровизации экономики принципиально изменяются место и роль управленческого персонала промышленной компании. Трансформация и развитие компетенций управленческого персонала должны быть увязаны с их новыми ролями и функциями решения как производственно-технологических, так и социально-экономических задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Berghenegouwen G.J., Ten Horn, H.F.K., Mooijman, E.A.M.* (1997) Competence development - a challenge for human resource professionals: Core competences of organizations as guidelines for the development of employees Industrial and Commercial Training, – 29(2). P. 55...62
2. *Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г.* Управление проектами / Под общ. ред. И.И. Мазура/ – 2-е изд. – М.: Омега-Л, 2004.
3. *Жукова Т.Н.* Проектное управление (методологический аспект). – СПб.: СПбГИЭУ, 2011.
4. *Строилова Э.В.* Проектный менеджмент и реинжиниринг // Фундаментальные исследования. – 2013, №4-5. С.1206...1210.
5. *Фисенко С.Б.* Внедрение механизма проектного управления на предприятиях лесной промышленности // Транспортное дело России. – 2013, №4. С.222...224.
6. *Чархина Е.С.* Развитие проектного подхода в системе государственного управления: методология, опыт, проблемы. – М.: Институт Экономики, 2017.
7. *Евреинов О.Б., Бардашевич А.Б.* Разработка проектного подхода к организации процесса обуче-

ния персонала предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. Том 11. – 2018, №5. С. 142...149.

8. *Boyatzis R.E.* (2019) Leadership intelligence The Cambridge Handbook of Intelligence, pp.802–819.
9. *Spencer L., Ryan G., Bernhard U.* (2008) Cross-cultural competencies in a major multinational industrial firm Emotional Intelligence: Theoretical and Cultural Perspectives, 20(8), pp. 171–190.
10. *Ryan G., Spencer L.M., Bernhard U.* (2012) Development and validation of a customized competency-based questionnaire: Linking social, emotional, and cognitive competencies to business unit profitability Cross Cultural Management. – 19(1), pp.90–103.
11. *Truninger M., Fernández-i-Marín X., Batista-Foguet J.M., Boyatzis R.E., Serlavós R.* (2018) The power of EI competencies over intelligence and individual performance: A task-dependent model // Frontiers in Psychology. – 9(SEP), p. 1532.
12. *Ksenofontova Kh.Z., Kerimova O.V.* (2018) Business model and strategy of industrial company management // European Proceedings of Social and Behavioral Sciences. – № 12, pp. 639-641.
13. *Coetzer A., Wallo A., Kock H.* (2019) The owner-manager's role as a facilitator of informal learning in small businesses // Human Resource Development International,. – 22(5), pp. 420–452.
14. *Passarell, A.M., Boyatzis R.E., Wei H.* (2018) Assessing Leader Development: Lessons From a Historical Review of MBA Outcomes // Journal of Management Education,. – 42(1), pp.55–79.

REFERENCES

1. *Berghenegouwen G.J., Ten Horn, H.F.K., Mooijman, E.A.M.* (1997) Competence development - a challenge for human resource professionals: Core competences of organizations as guidelines for the development of employees Industrial and Commercial Training, – 29(2). P. 55...62
2. *Mazur I.I., SHapiro V.D., Ol'derogge N.G.* Управление проектами / Под общ. ред. И.И. Мазура/ – 2-е изд. – М.: Омега-Л, 2004.
3. *ZHukova T.N.* Проектное управление (методологический аспект). – СПб.: СПбГИЭУ, 2011.
4. *Stroilova E.V.* Проектный менеджмент и реинжиниринг // Fundamental'nye issledovaniya. – 2013, №4-5. S.1206...1210.
5. *Fisenko S.B.* Vnedrenie mekhanizma proektnogo upravleniya na predpriyatiyah lesnoj promyshlennosti // Transportnoe delo Rossii. – 2013, №4. S.222...224.
6. *SHarhina E.S.* Razvitie proektnogo podhoda v sisteme gosudarstvennogo upravleniya: metodologiya, opyt, problemy. – М.: Institut Ekonomiki, 2017.
7. *Evreinov O.B., Bardashevich A.B.* Razrabotka proektnogo podhoda k organizacii processa obucheniya personala predpriyatiya // Nauchno-tekhicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki. Tom 11. – 2018, №5. S. 142...149.

8. Boyatzis R.E. (2019) Leadership intelligence The Cambridge Handbook of Intelligence, pp.802–819.
9. Spencer L., Ryan G., Bernhard U. (2008) Cross-cultural competencies in a major multinational industrial firm Emotional Intelligence: Theoretical and Cultural Perspectives, 20(8), pp. 171–190.
10. Ryan G., Spencer L.M., Bernhard U. (2012) Development and validation of a customized competency-based questionnaire: Linking social, emotional, and cognitive competencies to business unit profitability Cross Cultural Management. – 19(1), pp.90–103.
11. Truninger M., Fernández-i-Marín X., Batista-Foguet J.M., Boyatzis R.E., Serlavós R. (2018) The power of EI competencies over intelligence and individual performance: A task-dependent model // *Frontiers in Psychology*. – 9(SEP), p. 1532.
12. Ksenofontova Kh.Z., Kerimova O.V. (2018) Business model and strategy of industrial company management // *European Proceedings of Social and Behavioral Sciences*. – № 12, pp. 639-641.
13. Coetzer A., Wallo A., Kock H. (2019) The owner-manager's role as a facilitator of informal learning in small businesses // *Human Resource Development International*,. – 22(5), pp. 420–452.
14. Passarell, A.M., Boyatzis R.E., Wei H. (2018) Assessing Leader Development: Lessons From a Historical Review of MBA Outcomes // *Journal of Management Education*,. – 42(1), pp.55–79.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса
РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 15.04.22.

УДК 677.14/017.002.59

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_59

**ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА
ПО СТАНДАРТНОМУ МЕТОДУ НА МАШИНЕ РМП-1**

**REASONS FOR DECREASING THE ACCURACY
OF DETERMINING THE BREAKING LOAD OF LINEN FIBER
ACCORDING TO THE STANDARD METHOD BY MACHINE RMP-1**

Е.Л. ПАШИН, С.Н. РАЗИН, А.В. ОРЛОВ

E.L. PASHIN, S.N. RAZIN, A.V. ORLOV

(Костромская государственная сельскохозяйственная академия,
Костромской государственный университет)

(Kostroma State Agricultural Academy,
Kostroma State University)

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

В статье представлен анализ особенностей формирования натяжения льняного волокна при определении его разрывного усилия на машине РМП-1, используемой при стандартных испытаниях по действующим межгосударственному (страны СНГ) и национальным ГОСТ. Установлена причина формирования динамической погрешности при использовании машины РМП-1. Это происходит из-за применения маятникового силоизмерителя, а также из-за различий в условиях формирования растягивающих усилий при статическом и динамическом нагружениях. Выявлено, что при наличии у анализируемого волокна исходных разбросов по разрывному усилию и жесткости при растяжении, наблюдаемый по шкале РМП-1 разброс значений разрывной нагрузки увеличивается по сравнению с исходным в два и более раз. Такое несоответствие разбросов значений разрывного усилия на РМП-1 приводит к ошибкам при определении номера трепаного льняного волокна по действующим стандартам.

The article presents an analysis of the formation features of flax fiber tension when determining its breaking force on the machine RMP-1, used in standard tests according to the current interstate (CIS countries) and national GOST (Russian National Standard). The reason for the formation of a dynamic error when using the RMP-1 machine is established. This is due to the use of a pendulum force meter, as well as differences in the conditions for the formation of tensile forces under static

and dynamic loading. It was found that if the analyzed fiber has initial scatter in breaking force and tensile stiffness, the scatter in values of breaking load observed on the RMP-1 scale increases by two or more times compared to the initial one. Such a discrepancy between the spread of breaking force values on RMP-1 leads to errors in determining the number of torn flax fiber according to current standards.

Ключевые слова: погрешность, измерение, волокно, разрыв, машина, маятник, силоизмеритель, вариация, разрывное усилие, жесткость на разрыв.

Keywords: error, measurement, fiber, rupture, machine, pendulum, force meter, variation, breaking force, tensile strength.

В целях оптимизации технологий переработки льна и его купли-продажи на предприятиях льняного комплекса проводится определение качества трепаного льняного волокна по действующим стандартам [1], [2]. Для этого оценивают его физико-механические свойства. В частности, контролируют разрывное усилие волокна, для чего применяют разрывные машины ДКВ-60 или РМП-1, конструкция которых включает маятниковые силоизмерители (рис. 1 – схема силоизмерительного узла разрывной машины РМП-1).

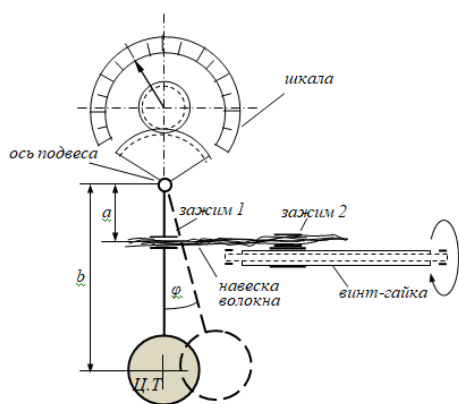


Рис. 1

Ось подвеса машины связана со стрелкой измерительной шкалы, а также с рычагом, к которому на расстоянии a от оси прикладывается через пассивный зажим 1 усилие от растяжения образца, а на расстоянии b , то есть к центру масс рычага Ц.Т. – сила тяжести mg (m – масса рычага).

Конструкция шкалы обеспечивает контроль усилия при натяжении волокнистой навески до момента ее разрыва.

В ходе метрологической поверки шкалы значений разрывной нагрузки у машины РМП-1 градуируется в зависимости от угла отклонения φ рычага от вертикали. Согласно методике поверки [3] измерительная шкала градуируется посредством подвешивания с использованием специального устройства грузов разной массы. Этот процесс осуществляют в статических условиях при выключенном приводе на основе применения следующей зависимости:

$$F^{cr} = \frac{mgb}{a} \operatorname{tg} \varphi. \quad (1)$$

Известно, что особенностью конструкции разрывных машин с маятниковым силоизмерителем является повышенная податливость пассивного зажима для анализируемого образца [4]. Величина податливости K_M определяется как отношение изменения расстояния между зажимами (захватами) машины Δl к вызвавшему его изменению силы ΔP в условиях отсутствия продольной деформации пряди. Иными словами, $K_M = \Delta l / \Delta P$ или в общем виде $K_M = dl/dP$, м/Н. Величина, обратная податливости, называется жесткостью C_M . Для маятникового силоизмерителя она определяется как $mgb/a^2 \cdot \cos \varphi$ [4]. Очевидно, что жесткость силоизмерителя машины РМП-1 не является постоянной величиной и зависит от угла φ . При $\varphi = 0$ она наименьшая и равна $m \cdot g \cdot b/a^2$. С увеличением φ жесткость меняется по закону косинуса.

Данная закономерность изменения C_M должна в ходе перемещения рычага влиять на величину усилия, возникающего при

растяжении образца, формируя динамическую погрешность до 15% [5]. В связи с этим важно исследование причины и закономерностей образования столь значительной погрешности.

Рассмотрим процесс нагружения пряжи волокна на основе анализа динамической схемы, подобной реальному испытанию на машине РМП-1 при скорости перемещения активного зажима (т. В) 120 мм/мин (рис. 2 – схема нагружения волокна при растяжении в машине РМП-1). Пряжь волокна будем моделировать как пружину с жесткостью при растяжении C .

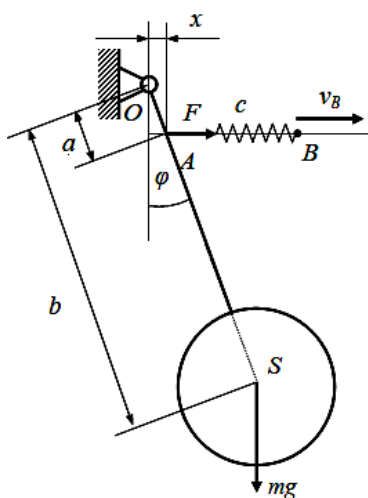


Рис. 2

Для получения уравнения движения будем рассматривать рычаг с подвешенным грузом как систему с маятником и воспользуемся дифференциальным уравнением вращательного движения:

$$J_{Oz} \ddot{\phi} = Fa \cos \phi - mgb \sin \phi, \quad (2)$$

где J_{Oz} – момент инерции маятника относительно оси Oz , перпендикулярной плоскости рисунка; m – масса маятника; F – сила упругости, возникающая в испытуемом волокне в результате движения точки В (конец волокна) со скоростью v_B .

Изменением направления силы F пренебрегаем в силу того, что длина пряжи волокна АВ много больше смещения точки А по вертикали, возникающего из-за отклонения маятника. Моделируя волокно как линейно упругий элемент, получим:

$$F = c\Delta = c(v_B t - x) = c(v_B t - a \sin \phi), \quad (3)$$

где Δ – деформация упругого элемента; c – жесткость волокна.

Подставляя (3) в (2), выполним преобразование в следующий вид:

$$J_{Oz} \ddot{\phi} = c(v_B t - a \sin \phi) a \cos \phi - mgb \sin \phi,$$

или

$$J_{Oz} \ddot{\phi} - cv_B ta \cos \phi + (ca^2 \cos \phi + mgb) \sin \phi = 0. \quad (4)$$

Поскольку угол отклонения маятника от вертикали при испытаниях может принимать достаточно большие значения, зависящие от разрывной прочности испытываемого волокна, то решение нелинейного уравнения (4) проводили численным методом Эйлера с применением системы Mathcad. Значения параметров уравнения (4) соответствовали характеристикам машины РМП-1: $a = 0,008$ м; $b = 0,145$ м; $m = 5,154$ кг; $J_{Oz} = 0,129$ кг·м²; $v_B = 0,002$ м/с. Жесткость волокна c приняли равной $40,0 \pm 0,2$ кН/м с учетом данных, представленных в [6].

Найдя решение уравнения (4), получили графическую зависимость растягивающей силы F от угла отклонения рычага ϕ (рис. 3). Дополнительно к растягивающим силам на рисунке указана зависимость силы $F^{ст}(\phi)$, формируемая при статическом нагружении, эквивалентном применяемому при тарировке шкалы РМП-1 по методике [5]. Она представлена в виде наклонной штриховой прямой линии.

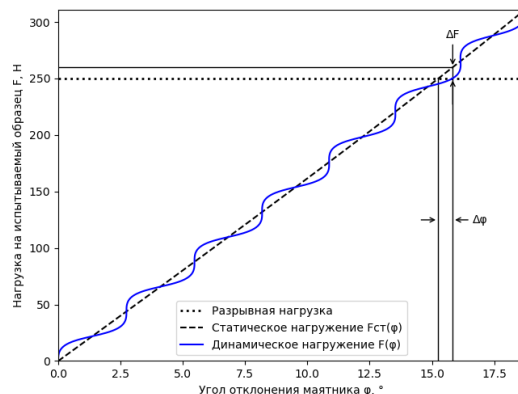


Рис. 3

Полученный результат выявил цикличность изменения усилия F . Это в определенной мере объясняет причины формирования описанной в [5] значительной погрешности при использовании силоизмерителей маятникового типа.

Поясним это применительно к разрывной нагрузке 250 Н, обозначенной на рис. 3 (формирование погрешности при измерении разрывного усилия на машине РМП-1) горизонтальной пунктирной линией. Сравним углы отклонения маятника от точек пересечения с ней линий, представляющих зависимости $F^{ст}(\varphi)$ и $F(\varphi)$. Выбранный уровень силы натяжения достигается этими зависимостями при разных значениях угла φ . Как следствие, наблюдаемые значения разрывного усилия будут различаться при измерении разрывного усилия по шкале машины РМП-1 и по той же шкале, но в условиях статического нагружения, когда производят тарировку шкалы.

Для определения величины различий при известных значениях углов φ , при которых пересекаются указанные линии, воспользуемся выражением (1). Выявленная разность позволяет оценить динамическую погрешность ϵ машины РМП-1 в виде отношения $(\Delta F/F^{ст}) \cdot 100, \%$. Очевидно, что ее величина (при разных F и C) будет непостоянной. Этот эффект является основой формирования динамической погрешности при определении разрывной нагрузки.

Особый интерес вызывает изучение возникающих погрешностей при испытании волокна, имеющего исходную вариацию по разрывному усилию и жесткости при растяжении. При такой ситуации зависимость $F^{ст}(\varphi)$ в условиях статического нагружения будет иметь поле исходного разброса $\Delta^{ст}_F$. Разброс волокна по жесткости при растяжении Δ_c будет проявляться при динамическом нагружении в виде полей разброса у $F(\varphi)$. Схематично указанные поля представлены на рис. 4 (схема формирования наблюдаемого на машине РМП-1 разброса разрывного усилия волокна, имеющего исходные разбросы по этому признаку и жесткости при растяжении) для среднего значения разрывной нагрузки 175 Н, $\Delta^{ст}_F = 34$ Н и $\Delta_c = 5\%$. Здесь кривые "динамика 1" и "ди-

намика 2" представляют изменение силы F , соответственно, при повышенной и пониженной на 5% жесткости волокна.

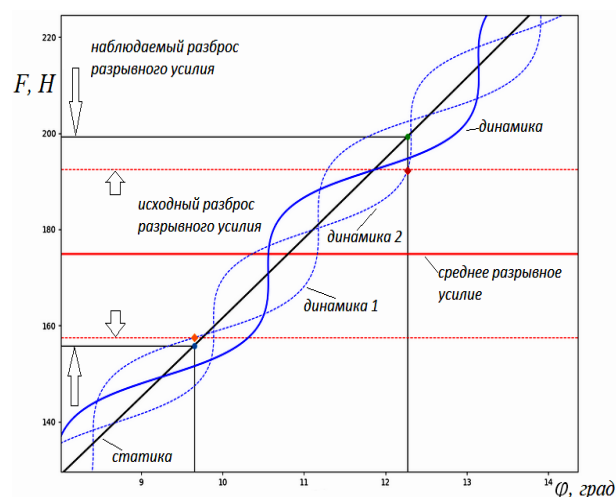


Рис. 4

Из анализа схемы следует, что при испытании на машине РМП-1 наблюдаемый разброс разрывной нагрузки может быть больше фактического разброса разрывной нагрузки у исходного волокна. Однако выявленные различия в разбросах не являются постоянными и зависят от среднего значения разрывной нагрузки, жесткости волокна и от их вариации.

Для обобщенного учета указанных характеристик была разработана специальная программа реализуемого на ЭВМ расчета наблюдаемого разброса. В качестве оценок использовали величину коэффициента вариации (CV). Например, для разрывной нагрузки ее определяли по известной формуле: $(\sigma_F 100) / \bar{F}, \%$, где \bar{F} — среднее значение разрывного усилия; σ_F — среднее квадратическое отклонение F . Показатель CV оценивали как у исходного, так и наблюдаемого по шкале РМП-1 усилия.

Характер изменения CV в зависимости от средней разрывной нагрузки, жесткости волокна при растяжении и ее вариации проиллюстрирован на рис. 5...7 (рис. 5 — изменения наблюдаемого коэффициента вариации при разной разрывной нагрузке (при $c = 30$ кН/м и $CV_c = 15 \%$); рис. 6 — изменения наблюдаемого коэффициента вариации при разной упругости волокна (при $F = 150$

Н и $CV_c = 15\%$); рис. 7 – изменения наблюдаемого коэффициента вариации при разном коэффициенте вариации упругости волокна (при $F = 150$ Н и $c = 30$ кН/м). Результаты

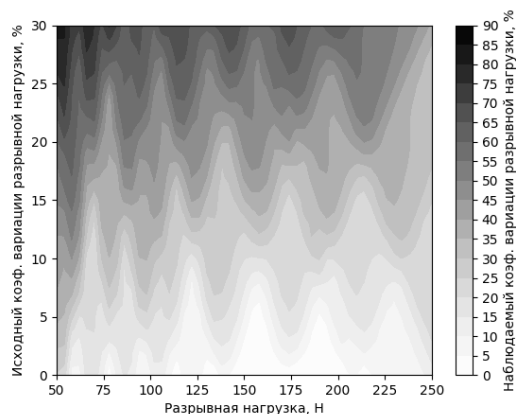


Рис. 5

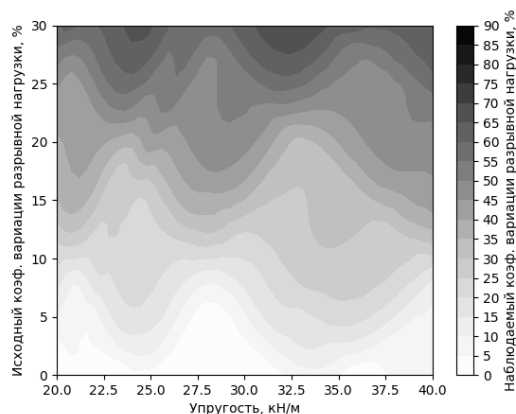


Рис. 6

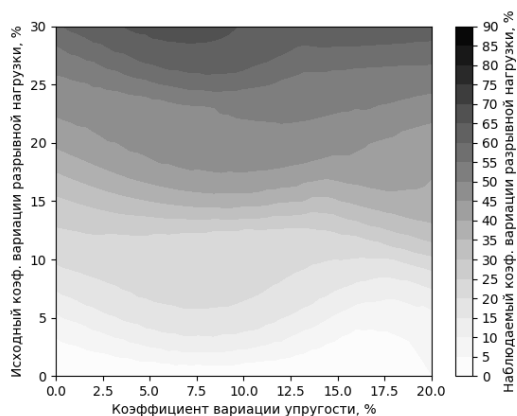


Рис. 7

Из анализа полученных результатов следует, что формирующийся при испытании на машине РМП-1 коэффициент вариации разрывного усилия волокна $CV_{\text{наб}}$ в большинстве случаев превышает $CV_{\text{исх}}$, присущий исходному материалу. При определенных сочетаниях исходных значений средней разрывной нагрузки, жесткости волокна при растяжении и вариации этих характеристик величина превышения коэффициентов вариации может достигать двух и более раз. Однако, как показали расчеты, возникающее различие между $CV_{\text{наб}}$ и $CV_{\text{исх}}$ не является постоянной величиной. Такая изменчивость объясняется, прежде всего, нелинейностью уравнения (4), связанной с изменением жесткости силоизмерителя по закону косинуса. Тем не менее,

таты получены при параметрах конструкции и работы, характерных для машины РМП-1[3].

проявляются тенденции увеличения $(CV_{\text{наб}})/(CV_{\text{исх}})$ при росте исходной вариации и снижении среднего значения разрывной нагрузки. Зависимости отношения $(CV_{\text{наб}})/(CV_{\text{исх}})$ от жесткости при растяжении волокна и вариации по этой характеристике также связаны с уровнем исходной вариации разрывной нагрузки. При ее величине 25...30% наблюдаемый разброс разрывного усилия может существенно превосходить исходный уровень. Указанные тенденции хорошо объяснимы с позиций теории вероятностей, а именно с определением интегральной дисперсии, получаемой от суммирования двух независимых случайных величин.

Заметим, что попытка определения поправки к наблюдаемым результатам испытания для оценки исходной вариации разрывного усилия волокна оказывается безуспешной, так как величина $(CV_{\text{наб}})/(CV_{\text{исх}})$ зависит от сочетания исследуемых свойств волокна и определяется нелинейностью динамической системы, что влияет на конечный результат испытания.

Выявленный эффект роста наблюдаемого коэффициента вариации разрывного усилия по отношению к его исходному уровню имеет важное практическое следствие. По действующему ГОСТ [1] номер трепанного волокна зависит не только от средних значений его физико-механичес-

ких свойств, но и от коэффициента вариации по разрывной нагрузке [1, табл. 3]. При указанных выше условиях в процессе стандартных испытаний будет формироваться погрешность, приводящая к ошибкам при определении номера трепаного волокна.

ВЫВОДЫ

1. Применяемый в конструкции машины РМП-1 маятниковый силоизмеритель вызывает формирование динамической погрешности при определении разрывного усилия волокна. Причиной ее появления являются различия в условиях формирования растягивающих усилий при статическом и динамическом нагружениях.

2. Наличие у анализируемого волокна исходного варьирования по его прочности на разрыв и жесткости при растяжении увеличивают (по сравнению с исходным) формирующееся варьирование на основе наблюдаемых по шкале РМП-1 значений разрывной нагрузки в два и более раз. Степень завышения коэффициента вариации зависит от комбинации свойств анализируемого волокна, податливостью маятникового силоизмерителя и плохо поддается предсказанию.

3. Несоответствие уровня вариации значений разрывного усилия на РМП-1 и исходной (фактической) вариации прочности волокна на разрыв приводит к ошибкам при определении номера трепаного льняного волокна по действующим стандартам.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53484 – 2009. Лен трепаный. Технические условия / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Стандартинформ, 2010.

2. СТБ 1195 – 2008. Волокно льняное трепаное длинное. Технические условия / Госстандарт республики Беларусь, 2008.

3. Сборник методических указаний по ведомственной поверке приборов отраслевого назначения для предприятий первичной обработки льна и конопли. – М., ЦНИИТЭИлегпром, 1985.

4. Голубков В.С., Пирогов К.М., Смушкович Б.Л. Испытательные машины в текстильном материаловедении. – М.: Легпромбытиздат, 1988.

5. Потапов А. И., Савицкий Г. М. Прочность и деформация стеклопластиков (контроль в конструкциях). – Л.: Стройиздат, 1973.

6. Вихарев С. М., Федосова Н. М., Батьков Н. В. Информационно-измерительная система на базе разрывной машины РМП-1 // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2008, №1. С. 78...80.

REFERENCES

1. GOST R 53484 – 2009. Len trepanyu. Tekhnicheskie usloviya / Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu. – Standartinform, 2010.

2. STB 1195 – 2008. Volokno l'nyanoe trepanoe dlinoe. Tekhnicheskie usloviya / Gosstandart respubliky Belarus', 2008.

3. Sbornik metodicheskikh ukazaniy po vedomstvennoy poverke priborov otraslevogo naznacheniya dlya predpriyatiy pervichnoy obrabotki l'na i konopli. – M., TsNIITETlegprom, 1985.

4. Golubkov V.S., Pirogov K.M., Smushkovich B.L. Ispytatel'nye mashiny v tekstil'nom materialovedenii. – M.: Legprombytizdat, 1988.

5. Potapov A. I., Savitskiy G. M. Prochnost' i deformatsiya stekloplastikov (kontrol' v konstruktsiyakh). – L.: Stroyizdat, 1973.

6. Viharev S. M., Fedosova N. M., Bat'kov N. V. Informatsionno-izmeritel'naya sistema na baze raz-ryvnoy mashiny RMP-1 // Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2008, №1. S. 78...80.

Рекомендована кафедрой технических систем в АПК Костромской ГСХА. Поступила 30.06.21.

**ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ РАБОТНИКОВ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**THE INFLUENCE OF MULTIPLE WASHING ON THE CHANGE
IN THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FABRICS
FOR WORKERS OF AUTOMOTIVE REPAIR PLANTS**

Е.Д. ЕФАНОВ, Ю.С. ШУСТОВ

E.D. EFANOV, YU.S. SHUSTOV

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

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

E-mail: eefanOv@yandex.ru

Условия труда работников авторемонтных предприятий тесно связаны с контактами со смазочными материалами и механическими опасностями. Необходим тщательный подбор материалов для спецодежды. В работе рассмотрено влияние многократных стирок на физико-механические свойства тканей для спецодежды работников авторемонтных предприятий.

The working conditions of workers in auto repair firms are closely related to contacts with lubricants and mechanical hazards. Therefore, a careful selection of materials for workwear is required. The article discusses the change in the properties of fabrics for workwear of car mechanics in the process of washings.

Ключевые слова: слесарь по ремонту автомобилей, ткани для спецодежды, физико-механические свойства, стирки.

Keywords: car mechanic, fabrics for workwear, physical and mechanical properties, washing.

Для любого человека, чья деятельность связана с воздействием на организм опасных и (или) вредных производственных факторов, большое значение имеет обеспечение защиты организма посредством применения средств индивидуальной защиты. Эффективность специальной одежды обеспечивается в первую очередь правильным выбором материалов для ее изготовления и способностью данных материалов сохранять защитные функции в течение необходимого срока эксплуатации [1...3].

В качестве объектов исследования было выбрано 7 образцов тканей, представленные в табл. 1. Данные ткани широко применяются для изготовления специальной

одежды работников авторемонтных предприятий. Все образцы имеют маслостойкую отделку и выполнены саржевым переплетением.

В процессе эксплуатации рабочая одежда работников сервиса постоянно подвергается воздействию различных агрессивных сред, таких как моторное масло, бензин и др. В результате работникам постоянно приходится стирать данную одежду и как следствие наблюдается ухудшение исходных свойств этой одежды. Наиболее часто именно многократные стирки приводят к снижению защитных показателей спецодежды [4...10].

Таблица 1

Номер образца	Наименование ткани	Сырьевой состав	Поверхностная плотность, г/м ²	Страна происхождения
1	"Союз-5"	80% ПЭ, 20% ХЛ	195	РФ
2	"Форман"	67% ПЭ, 33% ХЛ	256	Бельгия
3	"Твил"	65% ПЭ, 35% ХЛ	216	КНР
4	"Премьер standard 210" (арт. 81423)	65% ПЭ, 35% ХЛ	214	РФ
5	"Грета" (арт. 4С5-КВ)	53% ХЛ, 47% ПЭ	214	Беларусь
6	"Консул Антистат" (арт. С-181 "А" ЮГ)	65% ХЛ, 35% ПЭ, антистатическая нить	219	РФ
7	"Саржа" (арт. С38ЮД)	100% ХЛ	252	РФ

Соответственно в данной работе была исследована кинетика изменения физико-механических свойств тканей для рабочей одежды в процессе многократных воздействий "замачивание - стирка- сушка- глажение".

В табл. 2 приведены результаты изменения разрывной нагрузки тканей в процессе

стирок. Испытания проводились по ГОСТ 3813–72.

В табл. 3 приведены изменения разрывной нагрузки по утку тканей в процессе стирок.

Таблица 2

Количество стирок	Номер образца						
	1	2	3	4	5	6	7
0	1156	1380	1150	1124	1538	1437	1084
1	1150	1310	1140	1036	1532	1320	994
5	1112	1367	1066	1024	1404	1290	980
10	1026	1192	1002	976	1348	1212	892
15	982	1120	969	946	1321	1126	888
25	960	1009	950	897	1284	1002	832
50	764	868	747	847	904	814	612

Таблица 3

Количество стирок	Номер образца						
	1	2	3	4	5	6	7
0	744	884	655	693	754	703	608
1	737	866	642	662	712	682	564
5	707	838	632	622	684	670	528
10	630	792	618	612	642	626	440
15	618	775	582	592	638	606	428
25	604	762	568	515	604	558	420
50	432	663	432	443	512	498	326

С увеличением количества стирок снижается разрывная нагрузка всех испытуемых образцов как по основе, так и по утку. Это связано с дестабилизацией структуры текстильных материалов и соответствующим снижением прочности. Наименьшая потеря прочности как по основе, так и по утку наблюдается у образца 5, наибольшая – у хлопчатобумажного образца 7. Потеря прочности в процессе стирок хлопчатобумажного образца вызвана ускоренным износом хлопчатобумажной пряжи по сравнению с полиэфирными нитями.

Низкая проницаемость химических веществ текстильных материалов для специальной одежды является одной из основных защитных характеристик. При этом для оценки степени защиты работающих необходимо исследовать влияние на спецодежду наиболее характерных для производственных процессов химических веществ [11].

Нормативное значение маслоотталкивания для тканей с соответствующей отделкой по ГОСТ 11209: для тканей в исходном виде – не менее 5 баллов; для тканей после

пятикратной мокрой обработки или пятикратной химической чистки - не менее 4 баллов.

Результаты определения маслоотталкивания тканей в процессе стирок приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Образец	Маслоотталкивание, баллы						
	Исходная ткань	1 стирка	5 стирок	10 стирок	15 стирок	25 стирок	50 стирок
1	5	5	5	4	4	4	3
2	5	5	5	5	4*	4	4
3	5	5	5	4	3	3	3
4	5	4	4	3	3	3	3
5	5	5	5	4	3	3	3
6	5	5	5	4	3	2	2
7	5	5	4	3	2	2	1

Маслоотталкивание всех образцов снижается в процессе многократных стирок, что может быть объяснено утратой водоотталкивающей отделки и разрыхлением структуры текстильных материалов под действием изнашивающих факторов. Наихудшими результатами обладают ткани

6,7, после 15 стирок их не рекомендуется использовать.

Испытания на стойкость к проколу в зависимости от количества стирок проводились на разрывной машине "Инстрон". Результаты определения данного показателя приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Образец	Стойкость к проколу, Н						
	Исходная ткань	1 стирка	5 стирок	10 стирок	15 стирок	25 стирок	50 стирок
1	31,4	31,6	31,0	30,5	30,2	29,8	28,4
2	44,0	43,2	43,1	42,7	42,1	41,8	40,7
3	27,3	27,1	26,4	26,1	26,2	26,1	25,7
4	30,1	29,7	29,4	29,2	29,1	28,9	28,4
5	28,2	28,2	28,3	28,0	27,9	27,6	27,1
6	25,6	25,5	25,5	25,2	25,0	25,1	24,7
7	20,9	20,8	20,6	20,4	20,2	19,8	19,0

Все ткани, независимо от количества стирок, достаточно хорошо выдерживают стойкость к проколам.

Одним из основных показателей для оценки комфортности ношения одежды является воздухопроницаемость материала, из которого она изготовлена [12]. Особенно важным данный показатель является для специальной одежды ввиду необходимости

обеспечения хорошего самочувствия и работоспособности пользователя в процессе повышенных физических нагрузок на его организм. Воздухопроницаемость определялась по ГОСТ 12088-77 на приборе ВТПМ.2

Результаты исследования изменения воздухопроницаемости образцов приведены в табл. 6

Т а б л и ц а 6

Образцы	Количество стирок						
	0	1	5	10	15	25	50
	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$						
1	25,1	26,5	32,4	38,2	43,1	46,4	48,3
2	12,2	12,9	13,2	18,9	20,1	21,3	24,6
3	47,5	48,2	49,2	49,3	51,6	55,4	60,7
4	37,4	38,9	38,8	40,9	49,7	50,8	52,5
5	34,8	36,3	38,4	40,9	42,1	47,2	54,3
6	41,6	42,8	43,2	45,0	49,2	51,3	56,5
7	65,4	69,9	74,7	77,1	78,0	80,1	92,3

В процессе эксплуатации под воздействием изнашивающих факторов увеличивается пористость текстильных материалов, кроме того, при стирках происходит разрушение и вымывание волокон, утрачиваются защитные пропитки, вследствие этого с увеличением количества стирок растет воздухопроницаемость всех образцов.

При сравнении полученных значений с требованиями ГОСТ 11209 было установлено, что образец 2 не соответствует нормам по показателю "воздухопроницаемость". Несмотря на хорошие механические характеристики, данный образец не

может рассматриваться для пошива летней специальной одежды и может быть рекомендован для изготовления утепленной спецодежды, особенно при необходимости повышенной защиты от механических опасностей.

Под действием трения наблюдается потеря массы текстильного материала, его износ. Характеристикой, описывающей способность ткани сопротивляться разрушению от трения, является стойкость к истиранию, т. е. число циклов истирания до разрушения материала [13].

Результаты исследования изменения стойкости к истиранию приведены в табл. 7.

Таблица 7

Образцы	Количество стирок						
	0	1	5	10	15	25	50
	Стойкость к истиранию, циклы						
1	11506	10844	9593	8260	8182	7124	6687
2	35269	34340	31128	30080	29120	27130	22980
3	12905	11594	10853	9510	8268	7735	5512
4	15959	15164	14572	13268	12872	11990	9780
5	11260	10304	9760	9040	8726	8346	8112
6	11226	9585	8281	7831	7012	6841	6333
7	8580	7295	6699	5894	5327	5204	4862

Изменение линейных размеров образцов после мокрых обработок определены

по стандартным методикам (табл. 8).

Таблица 8

Образец		Количество стирок					
		1	5	10	15	25	50
		Изменение линейных размеров, %					
1	Основа	-0,7	-1,1	-1,1	-1,2	-1,2	-1,2
	Уток	-0,4	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8
2	Основа	-0,8	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2
	Уток	-0,6	-0,6	-0,6	-0,8	-0,8	-0,8
3	Основа	-1,2	-1,4	-1,6	1,8	-1,8	-1,8
	Уток	-0,6	-0,8	-1,1	-1,2	-1,2	-1,2
4	Основа	-0,8	-0,8	-1,2	-1,4	-1,4	-1,6
	Уток	-0,6	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
5	Основа	-0,8	-1,2	-1,2	-1,8	-2,0	-2,0
	Уток	-0,6	-0,8	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
6	Основа	-1,0	-1,6	-1,8	-1,8	-2,0	-2,0
	Уток	-0,6	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
7	Основа	-1,8	-2,2	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8
	Уток	-1,0	-1,6	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8

У всех образцов наблюдается уменьшение линейных размеров после стирок ("усадка"). Наибольшие изменения характерны для хлопчатобумажного образца, од-

нако, изменения линейных размеров всех образцов соответствуют нормативным значениям.

ВЫВОДЫ

1. В качестве объектов исследования были отобраны 7 образцов текстильных материалов различного сырьевого состава, отличающиеся по структурным характеристикам и широко применяемые для пошива спецодежды работников авторемонтных предприятий.

2. В процессе эксплуатации и стирках все рассматриваемые материалы теряют свои исходные свойства, причем наибольшие потери наблюдаются у чисто хлопчатобумажных тканей.

3. Наилучшими физико-механическими показателями обладают ткани 2, 4 и 5. Таким образом, ткани "Премьер standard 210" и "Грета" могут быть рекомендованы для изготовления специальной одежды работников авторемонтных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минтруда Российской Федерации от 09.12.2020 № 871н "Об утверждении Правил по охране труда на автомобильном транспорте".

2. Richard A. Scott. Textiles for protection Edited by First published, //Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC – 2005. P. 3...30.

3. Radmanovac N., Cirkovic N., Sarac T. The importance of the resistance to wear in the choice of fabrics for protective garments//Advanced technologies. – 2017, № 6(1). P. 81...87.

4. Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Давыдов А.Ф. Влияние многократных стирок на качество тканей для защиты от общих производственных загрязнений // Сб. докл. участников Второго Междунар. научн.-практ. симпозиума "Наука - текстильному производству: новейшие отраслевые разработки в сфере технического текстиля и практический опыт их применения. – М.: Изд-во "БОС". С. 255...265.

5. Юрцев О.О. Оценка изменения свойств тканей, предназначенных для специальной одежды работников нефтедобывающего комплекса, в процессах эксплуатации: Дис. ...канд. техн. наук. – М.: МГТУ, 2012.

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

7. Раскулова Б.Р., Жумадилова А.А., Логинова Л.В. Исследование комплексного воздействия факторов износа на механические свойства тканей для спецодежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 3. С. 23...26.

8. Ganieva G.A., Ryskulova B.R. Tashpulatov S.SH./Research of physical and mechanical properties

for manufacture of special clothing for oil industry workers // Вестник Алма-Атинского технического университета. – Алма-Ата, 2015, № 3. С. 50...55.

9. Зиятдинова Д.Р., Фактуллина Р.Р., Абуталипова Л.Н., Матвеева В.Ю. Исследование влияния органических растворителей на изменение разрывной нагрузки тканого полотна с полимерным покрытием // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 48...50.

10. Лисиенкова Л.Н., Ковалев А.И., Волкова Е.Ю. Исследование деформации костюмных тканей после воздействия факторов эксплуатации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С. 118...121.

11. ТР ТС 019/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности средств индивидуальной защиты", принят решением Комиссии Таможенного союза от 19.12.2011 № 878. Справочная правовая система "КонсультантПлюс". Дата обращения 02.01.2021

12. Афанасьева Р., Прокопенко Л., Бессонова Н., Бурмистрова О., Антонов А., Бобров А. Микроклимат для работника //Охрана труда. Средства защиты. – М.: ЗАО "Редакция журнала "Охрана труда и социальное страхование", 2015, № 12. С. 14...30.

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

REFERENCES

1. Prikaz Mintruda Rossiyskoy Federatsii ot 09.12.2020 № 871n "Ob utverzhdanii Pravil po okhrane truda na avtomobil'nom transporte".

2. Richard A. Scott. Textiles for protection Edited by First published, //Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC – 2005. P. 3...30.

3. Radmanovac N., Cirkovic N., Sarac T. The importance of the resistance to wear in the choice of fabrics for protective garments//Advanced technologies. – 2017, № 6(1). P. 81...87.

4. Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Davydov A.F. Vliyanie mnogokratnykh stirok na kachestvo tkaney dlya zashchity ot obshchikh proizvodstvennykh zagryazneniy // Sb. dokl. uchastnikov Vtorogo Mezhdunar. nauchn.-prakt. simpoziuma "Nauka - tekstil'nomu proizvodstvu: noveyshie otraslevye razrabotki v sfere tekhnicheskogo tekstilya i prakticheskiy opyt ikh primeneniya. – М.: Izd-vo "BOS". S. 255...265.

5. Yurtsev O.O. Otsenka izmeneniya svoystv tkaney, prednaznachennykh dlya spetsial'noy odezhdyy rabotnikov neftedobyvayushchego kompleksa, v protsessakh ekspluatatsii: Dis. ...kand. tekhn. nauk. – М.: MGTU, 2012.

6. Vinogradova N. A. Kinetika iznashivaniya tkaney spetsial'nogo naznacheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №3. S. 61...64.

7. Raskulova B.R., Zhumadilova A.A., Loginova L.V. Issledovanie kompleksnogo vozdeystviya faktorov iznosa na mekhanicheskie svoystva tkaney dlya spetsodezhdy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh

Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 3. S. 23...26.

8. Ganieva G.A., Ryskulova B.R. Tashpulatov S.SH./Research of physical and mechanical properties for manufacture of special clothing for oil industry workers // Vestnik Alma-Atinskogo tekhnicheskogo universiteta. – Alma-Ata, 2015, № 3. S. 50...55.

9. Ziyatdinova D.R., Faktullina R.R., Abutalipova L.N., Matveeva V.Yu. Issledovanie vliyaniya organicheskikh rastvoriteley na izmenenie razryvnoy nagruzki tkanogo polotna s polimernym pokrytiem // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 6. S. 48...50.

10. Lisienkova L.N., Kovalev A.I., Volkova E.Yu. Issledovanie deformatsii kostyumnykh tkaney posle vozdeystviya faktorov ekspluatatsii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №3. S. 118...121.

11. TR TS 019/2011. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza. O bezopasnosti sredstv individual'noy zashchity", prinyat resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 19.12.2011 № 878. Spravochnaya pravovaya sistema "Konsul'tantPlyus". Data obrabshcheniya 02.01.2021

12. Afanas'eva R., Prokopenko L., Bessonova N., Burmistrova O., Antonov A., Bobrov A. Mikroklimat dlya rabotnika // Okhrana truda. Sredstva zashchity. – M.: ZAO "Redaktsiya zhurnala "Okhrana truda i sotsial'noe strakhovanie", 2015, № 12. S. 14...30.

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

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы. Поступила 15.10.21.

УДК 677.076.4

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_70

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ
С ФУНКЦИЕЙ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ И САМОРЕГУЛЯЦИИ,
СФОРМИРОВАННЫХ ПУТЕМ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОЛОКОН
В ПОТОКЕ ВОЗДУХА ***

**ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THERMAL INSULATION
NONWOVEN MATERIALS WITH THE FUNCTION OF THERMAL REGULATION
AND SELF-REGULATION FORMED
BY DISPERSION OF FIBERS IN THE AIRFLOW**

E.B. МЕЗЕНЦЕВА, В.Ю. МИШАКОВ

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

Представлена оценка уровня качества термоскрепленных нетканых материалов различного сырьевого состава и поверхностной плотности с применением дифференциальной и комплексной оценки качества. Обобщенный комплексный показатель рассчитан путем применения квалиметрического подхода. Рассчитаны средняя арифметическая, средняя геометрическая и средняя гармоническая комплексные оценки для нетканых материалов, разделенных по группам поверхностной плотности и в результате "слепых" испытаний.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90010.

* Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number № 19-38-90010.

An assessment of the quality level of thermally bonded nonwoven materials of various fibers and surface densities by applying a differential and comprehensive quality assessment is presented. The generalized complex indicator is calculated by applying the qualimetric approach. The arithmetic mean, the geometric mean, and harmonic mean complex estimates are calculated for nonwoven materials, divided by surface density groups and in the result of "blind" tests.

Ключевые слова: нетканые материалы, утеплитель, полиакрилатные волокна, холлофайбер, квалиметрический подход, комплексный показатель, оценка качества, аэродинамический способ формирования холста.

Keywords: nonwoven materials, insulation, polyacrylate fibers, hollowfiber, qualimetric approach, complex indicator, quality assessment, aerodynamic method of web formation.

Целью настоящего исследования является оценка качества теплоизоляционных нетканых материалов различного волокнистого состава и поверхностной плотности с функцией терморегуляции и саморегуляции.

Объектом исследования являются нетканые теплоизоляционные материалы, разработанные и произведенные на площадке промышленного партнера ООО "Термопол" [1].

Предметом исследования является оценка качества нетканых материалов путем применения дифференциальной и комплексной оценки качества.

Для обеспечения выпуска высококачественных теплоизоляционных нетканых материалов необходимо установить систематическую оценку качества при серийном производстве [2].

В зависимости от методов сравнения фактических показателей качества с базовыми, оценка качества может быть дифференциальной, комплексной, смешанной, может носить формальный или вероятностный характер [3].

Сопоставление показателей качества объектов исследования при дифференциальной оценке проводилось путем подсчета относительных показателей качества продукции (формулы (1), (2)).

Для позитивных показателей качества:

$$P_0^{(+)} = \frac{P_{\phi}}{P_6} \quad (1)$$

Для негативных показателей качества:

$$P_0^{(-)} = \frac{P_6}{P_{\phi}} \quad (2)$$

где $P_0^{(+)}$ – позитивный относительный показатель качества; $P_0^{(-)}$ – негативный относительный показатель качества; P_{ϕ} – фактическое значение показателя качества; P_6 – базовое значение показателя качества [3].

Обобщенный комплексный показатель подсчитывался с помощью средней арифметической (формула (3)), средней геометрической (формула (4)) и средней гармонической (формула (5)) комплексных оценок [4].

$$K = P_{01}Z_1 + P_{02}Z_2 + \dots + P_{0n}Z_n = \sum_{i=1}^n P_{0i}Z_i \quad (3)$$

где P_{0i} – безразмерное значение i -го показателя качества; n – число определяющих показателей качества; Z_i – коэффициент весомости $\sum_{i=1}^n Z_i = 1$.

$$G = P_{01}^{Z_1} P_{02}^{Z_2} \dots P_{0n}^{Z_n} = \prod_{i=1}^n P_{0i}^{Z_i} \quad (4)$$

$$H = \frac{1}{\frac{Z_1}{P_{01}} + \frac{Z_2}{P_{02}} + \dots + \frac{Z_n}{P_{0n}}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{P_{0i}}} \quad (5)$$

Перевод фактических значений в безразмерные осуществлялся с помощью: относительных показателей, рангов (формулы (6), (7), баллов (формулы (8), (9)), функции желательности (формула (11)) [3].

Для позитивных показателей качества:

$$R_n = R_{\max} - (R_{\max} - R_{\min}) \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}. \quad (6)$$

Для негативных показателей качества:

$$R_n = R_{\min} + (R_{\max} - R_{\min}) \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (7)$$

где R_{\max} и R_{\min} – максимальные и минимальные ранговые оценки худшего и лучшего показателя качества; x_i – показатель качества, для которого определяют непрерывный ранг; x_{\max} , x_{\min} – максимальные и минимальные показатели качества, оцениваемые рангами.

Для применения балльных оценок применялись 3- и 9-балльные шкалы.

Для позитивных показателей качества:

$$B_{Hi}^{(+)} = B_{\min} + И. \quad (8)$$

Для негативных показателей качества:

$$B_{Hi}^{(-)} = B_{\max} - И. \quad (9)$$

Значение И вычислялось по формуле:

$$И = (B_{\max} - B_{\min}) \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (10)$$

где B_{\max} , B_{\min} – максимальная и минимальная оценки в баллах; x_{\max} , x_{\min} – максимальное и минимальное значения оцениваемых показателей качества [3].

Функция желательности (показатель желательности) – безразмерная непрерывная характеристика показателя качества,

изменяющаяся от 0 до 1, определялась по формуле [4], [5]:

$$d = e^{-e^{-y}} \quad (11)$$

при $-\infty < y < \infty$.

Для определения показателя желательности размерные показатели качества X переводились в безразмерные, используя зависимость:

$$y = a_0 + a_1 x. \quad (12)$$

Коэффициенты a_0 и a_1 находили по табл. [3].

В данном исследовании было проведено сравнение девяти образцов теплоизоляционных нетканых материалов с целью подбора наиболее рационального. Сравнение проводилось как с группированием по поверхностной плотности, так и в целом по всем исследуемым теплоизоляционным нетканым материалам ("слепые испытания"). Нумерация теплоизоляционных нетканых материалов (ТНМ) и их состав представлены в табл. 1 (исследуемые теплоизоляционные нетканые материалы), фактические значения определяющих показателей качества, которые расположены в порядке их значимости, представлены в табл. 2. Перечень определяющих показателей и коэффициенты значимости определены в результате построения причинно-следственной схемы и экспертного опроса [6], [7].

Т а б л и ц а 1

Наименование	Поверхностная плотность, г/м ²	Содержание полиэфирных волокон, %	Содержание полиакрилатных волокон, %	Содержание легкоплавких волокон, %
ТНМ № 1	100	80	0	20
ТНМ № 2	100	45	35	20
ТНМ № 3	100	10	70	20
ТНМ № 4	150	80	0	20
ТНМ № 5	150	45	35	20
ТНМ № 6	150	10	70	20
ТНМ № 7	200	80	0	20
ТНМ № 8	200	45	35	20
ТНМ № 9	200	10	70	20

В результате проведенной дифференциальной оценки качества установлено:

– теплоизоляционные нетканые материалы поверхностной плотностью 100 г/м²: ТНМ № 1 и ТНМ № 3 не соответствуют ба-

зовому образцу, т.к. ряд относительных показателей: гигроскопичность (у ТНМ № 1), изменение линейных размеров после мокрой обработки по длине и ширине меньше единицы; ТНМ № 2 по всем относительным

показателям имеет положительную оценку и соответствует базовому образцу;

– теплоизоляционные нетканые материалы поверхностной плотностью 150 г/м²: ТНМ № 4 и ТНМ № 6 не соответствуют базовому образцу, т.к. ряд относительных показателей: гигроскопичность (у ТНМ № 4), изменение линейных размеров после мокрой обработки по длине и ширине меньше единицы; ТНМ № 5 по всем относительным показателям имеет положительную оценку и соответствует базовому образцу;

– теплоизоляционные нетканые материалы поверхностной плотностью 200 г/м²: ни один из ТНМ не соответствует базовому образцу. Так, относительные показатели ТНМ № 7: гигроскопичность, изменение линейных размеров после мокрой обработки по длине и ширине меньше единицы. Относительный показатель ТНМ № 8: изменение линейных размеров после мокрой обработки по длине меньше единицы. Относительный показатель ТНМ № 9: изменение линейных размеров после мокрой обработки по ширине меньше единицы.

Таблица 2

Теплоизоляционные нетканые материалы	Определяющие показатели качества													
	Суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, °С· м ² /Вт	Суммарное тепловое сопротивление после мокрой обработки, °С· м ² /Вт	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с	Гигроскопичность, %	Миграция, шт/150 см ²	Неровнога по массе, %	Толщина, мм	Устойчивость к многократному сжатию, %	Изменение линейных размеров после мокрой обработки по длине, %	Изменение линейных размеров после мокрой обработки по ширине, %	Разрывная нагрузка по длине, Н	Разрывная нагрузка по ширине, Н	Разрывное удлинение по длине, %	Разрывное удлинение по ширине, %
ТНМ № 1	0,35	0,34	1900,00	0,70	3,00	4,60	8,00	74,33	-0,40	-0,50	6,57	6,80	30,00	40,90
ТНМ № 2	0,38	0,38	1700,00	15,50	3,00	5,73	7,40	82,33	-0,23	-0,20	7,50	6,93	8,23	6,53
ТНМ № 3	0,37	0,36	1800,00	19,00	5,00	8,33	8,03	59,00	-0,30	-0,30	6,23	5,57	7,70	8,33
ТНМ № 4	0,46	0,45	1600,00	0,80	2,00	6,50	9,73	70,00	-0,30	-0,40	7,73	7,53	28,44	38,73
ТНМ № 5	0,55	0,55	1600,00	17,00	1,00	4,03	9,53	85,67	-0,10	-0,10	10,60	9,57	5,60	5,20
ТНМ № 6	0,48	0,47	1700,00	20,10	3,00	6,60	9,67	70,33	-0,30	-0,20	7,40	7,30	7,27	7,97
ТНМ № 7	0,55	0,51	1340,00	0,99	2,00	6,10	14,53	70,67	-0,40	-0,60	10,17	8,70	15,33	21,83
ТНМ № 8	0,65	0,63	1200,00	18,90	2,00	5,30	11,73	79,33	-0,21	-0,17	10,37	9,08	6,43	6,67
ТНМ № 9	0,54	0,51	1460,00	23,00	4,00	6,73	13,40	60,00	-0,20	-0,25	7,70	7,50	7,33	7,17

При "слепых" испытаниях:

– ТНМ № 1, ТНМ № 4 и ТНМ № 7 не соответствуют базовому образцу, т.к. относительные показатели: гигроскопичность, изменение линейных размеров после мокрой обработки по длине и ширине меньше единицы;

– ТНМ № 2, ТНМ № 3, ТНМ № 6, ТНМ № 8 и ТНМ № 9 не соответствуют базовому образцу, т.к. относительные показатели: изменение линейных размеров после мокрой обработки по длине и ширине меньше единицы;

– ТНМ № 5 по всем относительным показателям имеет положительную оценку и соответствует базовому образцу.

В результате проведения комплексной оценки качества по относительным показателям теплоизоляционных нетканых материалов средней арифметической комплексной оценки установлено:

– теплоизоляционные нетканые материалы поверхностной плотностью 100 г/м²: ТНМ № 2 имеет самую высокую оценку. ТНМ № 2 лучше в 1,60 раза, чем ТНМ № 1, и лучше в 1,17 раза, чем ТНМ № 3;

– теплоизоляционные нетканые материалы поверхностной плотностью 150 г/м²: ТНМ № 5 имеет самую высокую оценку. ТНМ № 5 лучше в 1,70 раза, чем ТНМ № 6, и лучше в 1,13 раза, чем ТНМ № 4;

– теплоизоляционные нетканые материалы поверхностной плотностью 200 г/м²: ТНМ № 8 имеет самую высокую оценку. ТНМ № 8 лучше в 1,52 раза, чем ТНМ № 9, и лучше в 1,25 раза, чем ТНМ № 7.

По средней геометрической и средней гармонической комплексным оценкам наблюдается та же последовательность.

Анализ комплексных оценок (средней арифметической, средней геометрической, средней гармонической): по дискретным и непрерывным рангам, по дискретным и непрерывным баллам, по функции желательности показывают идентичный результат по выявлению лучших теплоизоляционных нетканых материалов. Установлено, что лучшими являются:

– ТНМ № 2 – при исследовании поверхностной плотности 100 г/м²;

– ТНМ № 5 – при исследовании поверхностной плотности 150 г/м²;

– ТНМ № 8 – при исследовании поверхностной плотности 200 г/м²;

– ТНМ № 5 – при исследовании всех теплоизоляционных нетканых материалов.

Для определения взаимосвязи между комплексными оценками использовался коэффициент корреляции, рассчитанный по формуле [8]:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (13)$$

где x_i и y_i – значения случайных величин, между которыми исследуется связь; \bar{x} и \bar{y} – средние значения случайных величин.

Оценка значимости коэффициента корреляции рассчитывалась по формуле [8]:

$$m_r = \frac{1 - r_{xy}^2}{\sqrt{n - 1}}, \quad (14)$$

где n – число показателей качества.

При анализе корреляционной связи между средними арифметическими, средними гармоническими, средними геометрическими комплексными оценками по дискретным и непрерывным рангам, по дискретным и непрерывным баллам, по функции желательности наблюдается весьма высокая связь по шкале Чеддока [9] с малой ошибкой. Из этого следует, что при постановке задачи выбора лучшего теплоизоляционного нетканого материала подходит любой из описанных методов. Наиболее простым является использование средней

арифметической комплексной оценки по относительным показателям. Однако, если стоит задача по определению градации теплоизоляционных нетканых материалов в соответствии с имеющимися определяющими показателями качества, например для определения сортности, то наиболее эффективным будет применение средней арифметической комплексной оценки по непрерывным ранговым оценкам.

ВЫВОДЫ

1. С помощью дифференциального и комплексного методов оценки уровня качества установлено, что при группировании теплоизоляционных нетканых материалов по поверхностной плотности лучшими являются материалы, состоящие из 45% полиэфирных волокон, 35% полиакрилатных волокон и 20% легкоплавких волокон.

2. Установлено, что при оценке качества без разделения теплоизоляционных нетканых материалов по поверхностной плотности лучшим является материал с поверхностной плотностью 150 г/м², состоящий из 45% полиэфирных волокон, 35% полиакрилатных волокон и 20% легкоплавких волокон.

3. Применение дифференциального метода целесообразно использовать при сравнительной оценке качества теплоизоляционных нетканых материалов по выборочным показателям, в то время как комплексный метод оценки качества позволяет оценить продукцию в целом, при этом установлено, что оценка может быть произведена как с группированием теплоизоляционных нетканых материалов по поверхностной плотности, так и без нее. Перевод в безразмерные показатели при этом может осуществляться любым общепринятым способом.

4. Установлено, что для определения сортности теплоизоляционных нетканых материалов наиболее эффективным является применение средней арифметической комплексной оценки по непрерывным ранговым оценкам.

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. Хакимуллин Ю.Н., Рахматуллина Э.Р., Галимзянова Р.Ю., Лисаневич М.С., Когенман И.Е., Яруллин Р.С. Возможность получения нетканых материалов, стойких к традиционным методам стерилизации в условиях современного производства // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. Т. 16. № 23. С. 118...120.

3. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. – М.: Колосс, 2011.

4. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Квалиметрия. – М.: МГУДТ, 2016.

5. S.H. Yeo, M.W. Mak & S.A.P. Balon. Analysis of decision-making methodologies for desirability score of conceptual design // Journal of Engineering Design. – 2004. 15:2. 195...208, DOI: 10.1080/0954482031000164219

6. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Системный анализ экспертных групп текстильной отрасли при выборе определяющих показателей качества на примере теплоизоляционных нетканых материалов // Химические волокна. – 2019, № 5. С. 43...49.

7. 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.

8. Кирюхин С.М., Гриднева Т.М., Демократова Е.Б. Методы и средства технического контроля и управления качеством текстильных материалов. – М.: МГУДТ, 2013.

9. Галямов Ю.Ю. Концептуальные основы управления и развития регионального промышленного комплекса [Электронный ресурс] / Под общ. ред. С. А. Лочана. – М.: Палеотип, 2011.

1. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Issledovaniya strukturnykh kharakteristik netkanogo ob'emnogo termoskrepennogo materiala, sformirovannogo putem dispergirovaniya volokon v potoke vozdukha, sodержашchego poliakrilatnye volokna // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2019, № 3. S.29...33.

2. Khakimullin Yu.N., Rakhmatullina E.R., Galimzyanova R.Yu., Lisanevich M.S., Kogenman I.E., Yarullin R.S. Vozmozhnost' polucheniya netkanykh materialov, stoykikh k traditsionnym metodam sterilizatsii v usloviyakh sovremennogo proizvodstva // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2013. T. 16. № 23. S. 118...120.

3. Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S. Tekstil'noe materialovedenie. – М.: Koloss, 2011.

4. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V. Kvalimetriya. – М.: MGUDT, 2016.

5. S.H. Yeo, M.W. Mak & S.A.P. Balon. Analysis of decision-making methodologies for desirability score of conceptual design // Journal of Engineering Design. – 2004. 15:2. 195...208, DOI: 10.1080/0954482031000164219

6. 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. – 2019, № 5. С. 43...49.

7. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu. Vybore 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.

8. Kiryukhin S.M., Gridneva T.M., Demokratova E.B. Metody i sredstva tekhnicheskogo kontrolya i upravleniya kachestvom tekstil'nykh materialov. – М.: MGUDT, 2013.

9. Galyamov Yu.Yu. Kontseptual'nye osnovy upravleniya i razvitiya regional'nogo promyshlennogo kompleksa [Elektronnyy resurs] / Pod obshch. red. S. A. Lochana. – М.: Paleotip, 2011.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 09.12.21.

**ВЛИЯНИЕ ЗАДАННЫХ НАГРУЗОК
НА КОМПОНЕНТЫ ПОЛНОЙ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЯ
ТЕКСТУРИРОВАННОЙ НИТИ ТИПА ЭЛАСТИК**

**THE INFLUENCE OF GIVEN LOADS
ON THE COMPONENTS OF TOTAL TENSION DEFORMATION
OF ELASTIC TYPE TEXTURED THREADS**

З.Х. АЛИЕВА, Г.З. ДЖАББАРОВА, И.Ф. АЛЛАХВЕРДИЕВА

Z.KH. ALIEVA, G.Z. JABBAROVA, I.F. ALLAKHVERDIEVA

(Азербайджанский государственный экономический университет, Республика Азербайджан)

(Azerbaijan State University of Economics, Republic of Azerbaijan)

E-mail: zenurealiyeva@yahoo.com; allahverdiyeva.ilhame@inbox.ru; qenire.cabbarova@mail.ru

В статье приведены экспериментальные результаты исследования компонентов деформации растяжения текстурированных нитей типа эластичного. Величина восстановления длины нити зависит от приложенных сил или от деформации. Поэтому было исследовано влияние величины нагрузки на составные части общей деформации. Исследование зависимостей полной деформации и ее составных частей показало, что полная деформация при увеличении нагрузки до 0,01 н/текс существенно увеличивается. Дальнейшее увеличение нагрузки существенного влияния на полную деформацию не оказывает. Увеличение нагрузки приводит к ускорению процесса релаксации. Результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования основных свойств трикотажных изделий на основе текстурированной нити типа эластик.

The article presents the experimental results of the study of the tensile deformation components of elastic type textured threads. The amount of thread length recovery depends on the applied forces or on the deformation. Therefore, the influence of the magnitude of the load on the components of the total deformation was investigated. The study of the dependences of the total deformation and its components showed that the total deformation significantly increases with an increase in the load to 0.01 n/tex. A further increase in the load does not have a significant effect on the total deformation. An increase in load leads to an acceleration of the relaxation process. The results of the study can be used to predict the basic properties of knitted products based on elastic type textured yarns.

Ключевые слова: текстурированные нити, эластик, деформации растяжения, нагрузка.

Keywords: textured threads, elastique, tensile deformations, load.

Одноцикловые испытания, позволяющие определять состояние части полной деформации при растяжении нагрузками, меньшими разрывных, получили большое

распространение в практике испытаний текстильных материалов. Так как эти испытания позволяют изучить особенности поведения текстильных материалов в усло-

виях, близких к тем, в которых они находятся при переработке в текстильные изделия и в эксплуатации. Известно, что нити при переработке в текстильные изделия и эксплуатации последних испытывают нагрузки, не превышающие 40...45% от разрывных, а в трикотаже из текстурированных нитей еще меньше. Условия характеризуются также воздействием на материал циклов "нагрузка-отдых" с разной длительностью нагружения и отдыха.

По компонентам деформации растяжения текстильных материалов можно судить о свойствах изделий, а именно: об их формоустойчивости, несминаемости, драпируемости, усадке и др. Поэтому исследованию составных частей деформации текстильных материалов было посвящено много работ [1...4].

Как известно, при текстурировании с целью получения нити эластик комплексная капроновая нить подвергается ряду механических и тепловых воздействий, в результате чего получается нить с достаточно хорошо зафиксированной извитостью, очень быстро и полно восстанавливающая извитость после растяжения и снятия растягивающей нагрузки.

Формоустойчивость изделий, полученных из эластика, зависит от упругоэластичных свойств самого эластика. Поэтому исследования особенностей поведения таких извитых нитей представляют большой интерес.

Ряд ученых проводили исследования изменения деформации волокон, нитей и ткани в цикле "нагрузка-разгрузка-отдых" и подтвердили, что полная деформация текстильных материалов складывается из следующих видов деформации: 1) упругой; 2) эластической; 3) пластической [5], [6]

Упругая деформация возникает под действием внешней силы. Она исчезает с такой же большой скоростью, как и распространяется, а именно: со скоростью звука в данном материале, т.е. для коротких отрезков нитей в длительности доли секунды на простых механических приборах, практически ее измерить очень трудно.

Определяют ее после снятия нагрузки по возможности быстрее, обычно через 2...3 с,

за это время исчезает также часть эластической деформации с малыми периодами релаксации, и полученные практические данные являются условными значениями, обусловленными временем измерения.

В данной работе мы измеряли условные значения упругой деформации через 3 с после разгрузки и назвали эту деформацию быстрообратимой.

Эластическая деформация возникает вследствие того, что под действием внешней силы происходят изменения конфигураций и перегруппировки макромолекул полимеров, составляющих волокна. При действии внешней силы макромолекулы полимеров переходят в более распрямленное состояние и ориентируются по направлению действия сил, т.е. при растяжении волокон – вдоль их оси. Поскольку макромолекулы взаимодействуют с соседними, а звенья одной и той же молекулы, вследствие ее изогнутости, взаимодействуют друг с другом, эти перемещения совершаются лишь малыми участками полимерных молекул, и нарушенные межмолекулярные взаимодействия тотчас возникают вновь. Для подобной группировки требуется значительное время. Она осуществляется как релаксационный процесс, идущий по времени и приводящий к достижению равновесного состояния. Так как молекулы даже одного и того же вещества могут иметь разные размеры, находиться в состоянии различной изогнутости и в зависимости от своих положений подвергаться большим или меньшим силам взаимодействия, релаксация составляется из множества частных процессов, протекающих за различные периоды времени. Наличие набора периодов релаксации приводит к тому, что у разных волокон суммарный процесс осуществляется за разное время.

Из изложенного видно, что эластическая деформация развивается во времени и завершается за различные периоды времени. Она сильно зависит от условий (температура, влажность и др.), влияющих на межмолекулярные взаимодействия.

После прекращения действия внешней силы молекулы полимеров, вследствие тепловых колебаний, вновь стремятся изо-

гнуть, дезориентироваться, т.е. занять свойственное им равновесное изогнутое состояние. На это вновь требуется значительное время. Таким образом, снова идет суммарный релаксационный процесс, на этот раз уже в обратном направлении: эластическая деформация вначале быстро, а затем все медленнее исчезает. За эластическую деформацию мы принимаем только ту ее часть, которая была реализована за время отдыха T_2 , равное 120 мин. Эту деформацию мы в дальнейшем будем называть медленнообратимой деформацией.

Пластическая деформация возникает вследствие того, что под действием внешней силы происходят необратимые смещения звеньев макромолекул на довольно большие расстояния. Поскольку при развитии этого вида деформации в волокнах макромолекулам приходится преодолевать значительные межмолекулярные связи, она развивается еще медленнее, чем эластическая. Пластическая деформация необратима, так как после удаления внешней силы отсутствуют причины, которые могли бы заставить ее исчезнуть.

Таким образом, в нашем эксперименте в показатель пластической деформации входит истинно пластическая деформация плюс часть эластических деформаций, не успевших исчезнуть за выбранный период отдыха T_2 . Поэтому мы в дальнейшем будем называть ее остаточной деформацией.

Полная абсолютная деформация нитей ℓ , таким образом, представляет собой сумму трех компонентов:

$$\ell = \ell_1 + \ell_2 + \ell_3, \text{ мм}, \quad [1]$$

где ℓ_1 – быстрообратимая деформация, мм;
 ℓ_2 – медленнообратимая деформация, мм;
 ℓ_3 – остаточная деформация, мм;

Нередко полную деформацию и ее составные части выражают в процентах относительно исходных размеров образца.

Тогда полная относительная деформация E_0 будет равна:

$$E_0 = \frac{\ell}{L} \cdot 100, \text{ \%}, \quad [2]$$

где $\ell = L_k - L_0$.

Исследования компонентов деформации растяжения текстильных материалов показали, что основными факторами, определяющими величину общей деформации $E_0, \%$, и ее составных частей (быстрообратимой $E_1, \%$, медленнообратимой $E_2, \%$, и остаточной $E_3, \%$) являются: величина нагрузки, длительность нагружения T_1 и отдыха T_2 , время отсчета деформации после нагружения, разгрузки и отдыха, способ подготовки образцов к испытаниям и атмосферные условия проведения самих испытаний.

В настоящее время поведение текстильных нитей (за исключением текстурированных) в одном цикле "нагрузка-разгрузка-отдых" изучено достаточно полно и подробно. Однако подобные испытания для текстурированных нитей типа эластик весьма ограничены.

На основании изучения составных частей деформации для текстильных материалов были предложены разные методы испытания, отличающиеся главным образом режимом нагружения. Наиболее широко обсуждалась целесообразность метода испытания, основанного на поддержании в цикле нагружения постоянной заданной нагрузки или постоянного заданного удлинения, которые могут выбираться, исходя из целей исследования: равными определенной абсолютной величине P_3 и E_3 или как доли от разрывных $P_3 = \alpha P_p$; $E_3 = \delta E_p$, где " α " и " δ " – принятые доли.

Текстурированные нити, в том числе эластик, обладают по сравнению с обычными нитями значительно более сложной структурой, которая, несомненно, скажется на ходе процесса упругого последействия как под нагрузкой, так и при отдыхе.

Деформирование текстурированных нитей типа эластик под действием нагрузок и восстановление ими первоначальных размеров при отдыхе проходит по двум механизмам: распрямления извитков и других структурных элементов, созданных в гладких нитях в процессе текстурирования, и изменения молекулярной и надмолекулярной структуры полимера, составляющего нити, т.е. за счет изменения извитости и внутренней микроструктуры нитей.

Текстурированные нити типа эластик после снятия приложенных сил или деформации быстро восстанавливают свои первоначальные размеры. Величина восстановления длины нити зависит от приложенных сил или от деформации. Поэтому было исследовано влияние величины нагрузки на составные части общей деформации.

Влияние величины нагрузки на составные части общей деформации проведено при следующих заданных нагрузках: 0,004; 0,01; 0,015; 0,04; 0,07 Н/текс.

Для испытания отрезки одиночных нитей выдерживались в свободном состоянии в нормальных атмосферных условиях 12 час. Составные части полной деформации при растяжении определялись на специальном стенде и частично на релаксметре РНТ [7...9]. Длительность нагружения составляла 60 мин, а отдыха после разгрузки – 120 мин. Величину деформации как под нагрузкой, так и после разгрузки определяли спустя 3 с, 30 с, 1, 2, 3, 4, 5, 15, 30, 60 мин от начала нагружения и отдыха (при отдыхе еще через 120 мин).

Начальную длину эластика, длину под нагрузкой и после разгрузки измеряли с предварительным натяжением, равным 0,00003 Н/текс первичной нити. Все испытания выполнялись при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $65 \pm 2\%$.

На рис. 1 (зависимость составных частей полной деформации растяжения нити эластик ($E=3,33$ текс $\times 2$) от нагрузки) представлены кривые зависимости долей составных частей деформации растяжения от нагрузки.

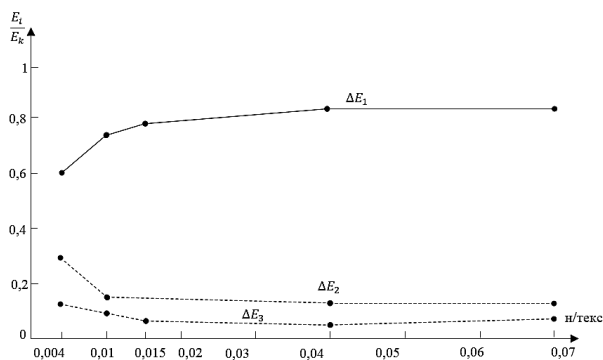


Рис. 1

Как видно из рис. 1, доли быстрообратимых деформаций с увеличением нагрузки возрастают, а доли медленнообратимых — убывают, особенно вначале; доли остаточной деформации вначале убывают, а затем существенно не изменяются.

Из приведенного материала вытекает, что нагрузки, составляющие величину порядка 0,04...0,07 Н/текс (10...25% от разрывной), позволяют выявить уровень остаточной деформации в эластике.

Малые нагрузки порядка 0,004...0,01 Н/текс не позволяют с достаточной четкостью выяснить соотношение долей полной деформации.

ВЫВОДЫ

Исследование зависимостей полной деформации и ее составных частей показало, что заметное увеличение полной деформации от величины нагрузки наблюдается до нагрузки 0,01 Н/текс.

С увеличением нагрузки более 0,01 Н/текс полная деформация изменяется незначительно.

Текстурированные нити типа эластик, как все обычные нити в одном цикле "нагрузка-разгрузка-отдых", подчиняются общим закономерностям, хорошо известным и присущим всем полимерным материалам.

Особенностью их является наличие извитости, характер извитости и степень ее фиксации, которые сильно влияют на поведение нитей в одном цикле "нагрузка-разгрузка-отдых".

Полная деформация при увеличении нагрузки до 0,01 Н/текс существенно увеличивается. Дальнейшее увеличение нагрузки существенного влияния на полную деформацию не оказывает.

Увеличение нагрузки приводит к ускорению обратного процесса релаксации деформации, в результате чего доля быстрообратимых деформаций увеличивается, а доля медленнообратимых — уменьшается.

Доли остаточной деформации, максимальные при малых нагрузках (менее 0,01 Н/текс), с увеличением нагрузок существенно не изменяются.

Приведенный материал показывает, что одноцикловые характеристики текстурированных нитей при нагрузках, меньших 0,01 Н/текс и больших, существенно отличаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Столяров О.Н. и др.* Моделирование деформационных свойств трикотажа из текстурированных полиамидных нитей // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №6. С.63...66.
2. *Станийчук А.В.* Совершенствование методики исследования деформационных свойств трикотажа при пространственном растяжении // Вестник Амурского гос. ун-та. – 2011, №53. С.16...19.
3. *Труевцев Н.Н. и др.* Исследование деформационных характеристик льносодержащей пряжи для трикотажного полотна // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №1. С.11...13.
4. *Шеромова И.А.* Анализ деформационных свойств высокоэластичных трикотажных полотен с учетом условий их эксплуатации // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №1. С.17...19.
5. *Столяров О.Н. и др.* Прогнозирование деформированных состояний трикотажа из текстурированных полиамидных нитей // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №1. С.20...23.
6. *Кудрявин Л.А. и др.* Применение нелинейной упругости к расчету двухмерной деформации трикотажа // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №8. С.69...72.
7. *Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Вершинина А.В.* Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №5. С.10...14.
8. *Jewel Raul.* Textile Testing. APH Publishing Corporation. – New Delhi, 2009.
9. ГОСТ 26560–85. Полотна трикотажные. Метод определения устойчивости к затыжкам.

REFERENCES

1. *Stolyarov O.N. i dr.* Modelirovanie deformatsionnykh svoystv trikotazha iz teksturovannykh poliamidnykh nitey // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2005, №6. S.63...66.
 2. *Staniychuk A.V.* Sovershenstvovanie metodiki issledovaniya deformatsionnykh svoystv trikotazha pri prostranstvennom rastyazhenii // Vestnik Amurskogo gos. un-ta. – 2011, №53. S.16...19.
 3. *Truevtsev N.N. i dr.* Issledovanie deformatsionnykh kharakteristik l'nosoderzhashchey pryazhi dlya trikotazhnogo polotna // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2004, №1. S.11...13.
 4. *Sheromova I.A.* Analiz deformatsionnykh svoystv vysokoelastichnykh trikotazhnykh poloten s uchetom usloviy ikh ekspluatatsii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, №1. S.17...19.
 5. *Stolyarov O.N. i dr.* Prognozirovaniye deformirovannykh sostoyaniy trikotazha iz teksturovannykh poliamidnykh nitey // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, №1. S.20...23.
 6. *Kudryavin L.A. i dr.* Primeneniye nelineynoy uprugosti k raschetu dvukhmernoy deformatsii trikotazha // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2010, №8. S.69...72.
 7. *Chagina L.L., Smirnova N.A., Vershinina A.V.* Issledovanie i uchet deformatsionnykh svoystv pri proektirovaniy odezhdy iz l'nyanykh trikotazhnykh poloten // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2010, №5. S.10...14.
 8. *Jewel Raul.* Textile Testing. APH Publishing Corporation. – New Delhi, 2009.
 9. GOST 26560–85. Polotna trikotazhnye. Metod opredeleniya ustoychivosti k zatyazhkam.
- Рекомендована кафедрой инженерии и прикладных наук. Поступила 30.03.22.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА
ЭКОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КОЖИ**

**RESEARCH OF PROPERTIES AND DETERMINATION OF COMPOSITION OF
ECOMATERIALS BASED ON PLANT LEATHER**

*С.В. КУДРИНСКИЙ, И.Н. ТЮРИН, Т.А. КУРОЧКИНА,
С.Ш. ТАШПУЛАТОВ, В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ*

*S.V. KUDRINSKY, I.N. TYURIN, T.A. KUROCHKINA,
S.Sh. TASHPULATOV, V.S. BELGORODSKY*

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan)

E-mail: kudrinskiyserg@gmail.com

В данной работе представлены результаты исследования и сравнения свойств растительных кож, изготовленных из мексиканских кактусов, с образцом из натуральной кожи. Выбраны и исследованы наиболее важные показатели качества, такие как воздухопроницаемость и разрывная нагрузка. При сравнительном анализе результатов исследования установлено, что большинство показателей разрывной нагрузки, воздухопроницаемости растительной кожи соответствуют показателям натуральной кожи. Исследуемые материалы растительной кожи являются частично биоразлагаемыми и имеют технические характеристики, необходимые для легкой, кожаной, мебельной и автомобильной промышленности. На основании результатов исследования и сделанных выводов можно рекомендовать экокожу из мексиканских кактусов производителям текстильной промышленности.

This paper presents the results of a study and comparison of the properties of vegan leather made from Mexican cactus with a sample from animal leather. The most important quality indicators, such as air permeability and breaking load, have been selected and investigated. According to the results of a comparative analysis of the research results, it was found that most of the indicators of breaking load, air permeability of vegan leather from cactus correspond to those of natural leather. The studied materials of vegan leather are partially biodegradable and have the technical characteristics required for the light, leather, furniture and automotive industries. Based on the results of the study and the conclusions made, it is possible to recommend eco-leather from Mexican cactus to manufacturers of the textile industry.

Ключевые слова: веганская кожа, растительная кожа, полиуретан, инфракрасная спектроскопия, воздухопроницаемость, разрывная нагрузка, кактус нопаль, поливинилхлорид, экоматериалы, устойчивая мода.

Keywords: vegan leather, plant leather, polyurethane, infrared spectroscopy, breathability, breaking load, nopal cactus, polyvinyl chloride, eco-materials, sustainable fashion.

Введение

В последнее время экоматериалы конкурируют, а порой и превосходят по определенным свойствам материалы природного происхождения [1]. Яркий представитель экоматериалов на основе растительного сырья, продукт, изобретенный двумя предпринимателями из Мексики Адриан Лопес Веларде и Марте Казарез [2], веганская кожа из кактуса нопаль. Изобретатели утверждают, что кожа из него получается прочной, эластичной, "дышащей" и долговечной.

Растительная экокожа позволяет изготавливать изделия различного назначения: от повседневного назначения, до специального и спортивного назначения (например, спортивная обувь [3]). Проектирование изделий из растительной кожи требует наличия информации о свойствах и составе материала для управления и прогнозирования.

Методы

Целью данной работы является исследование свойств и определение состава данной растительной кожи, а также анализ и сравнение их с кожей животного происхождения. Выбраны пять образцов растительной экокожи, различной толщины и цвето-

вой гаммы (образцы №1...5) и один образец из натуральной кожи (образец №6) (табл. 1).

Образцы представляют собой многослойный композиционный материал, изготовленный путем пропитки текстильной основы [4]. Произведена предварительная подготовка образцов снятием верхнего слоя растительных кож. Определение состава материала произведено методом ИК НПВО на FTIR микроскопе Nicolet iN10 (Thermo Scientific, USA). В спектральной области 675...4000 см⁻¹ исследованы поверхности образцов. Спектры получены на германиевом кристалле в режиме НПВО путем накопления 128 сканирований с разрешением 4 см⁻¹. Спектры обработаны при помощи программного обеспечения Omnic 9 (Thermo Scientific, USA): трансформация в режим оптической плотности с автоматической коррекцией базовой линии.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время наиболее распространены два способа производства искусственных кож – это использование растворов и дисперсий полиуретана и поливинилхлорида [5]. На рис. 1...4 представлены результаты исследования образца №1.

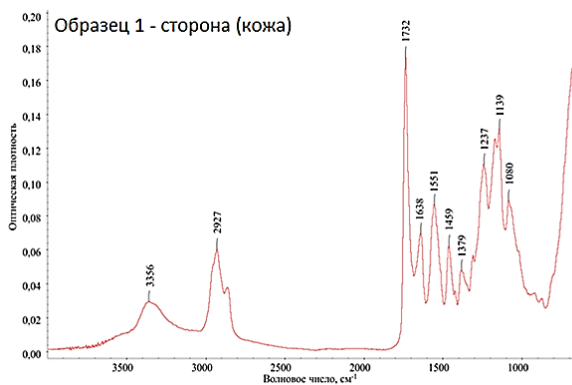


Рис. 1

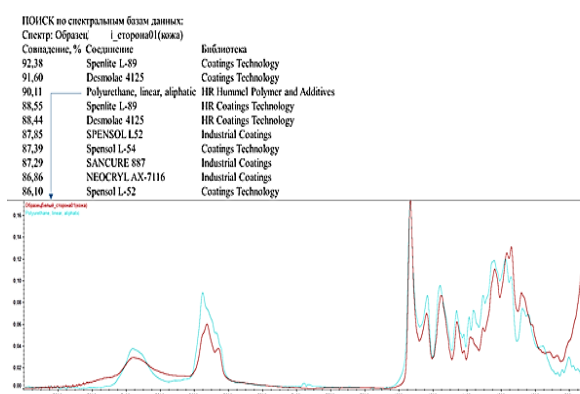


Рис. 2

На рис. 1 и рис. 2 представлены спектры образца №1 материала искусственной кожи верхнего (кожеподобного) слоя и их сравнение с библиотечными спектрами. На

рис. 3 и рис. 4 представлены спектры образца №1 материала искусственной кожи нижнего (тканевого) слоя и их сравнение с библиотечными спектрами. Анализ пока-

зал, что лицевая сторона образца №1 преимущественно изготовлена на основе полиуретана, изнаночная (тканевая) сторона изготовлена на основе хлопковых волокон.

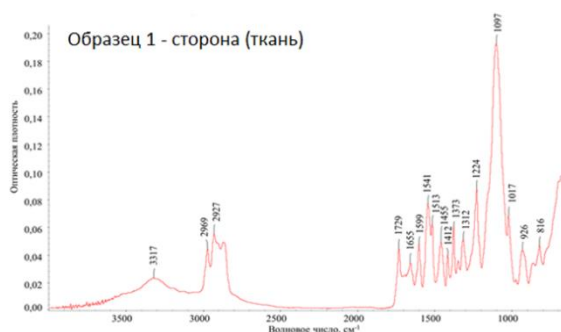


Рис. 3

На основании полученных результатов, можно сделать заключение о преобладании органических соединений в составе растительных кож. Наличие в образцах №1, 4 можно объяснить композиционной составляющей данных материалов, а также качеством снятия верхнего слоя исходных материалов при предварительной подготовке.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Вывод о преимущественном составе образца	
	Лицевая сторона	Изнаночная сторона
1	полиуретан	хлопок
2	органические соединения	хлопок
3	органические соединения	полиамид
4	полиуретан	хлопок
5	органические соединения	хлопок
6	органические соединения	органические соединения

Одними из наиболее важных характеристик, с гигиенической точки зрения, являются воздухопроницаемость и пористость кож [6]. Пористость обеспечивает отвод испарений человеческого тела и тем самым способствует хорошему самочувствию человека [7].

На основе проведенных исследований физико-химических свойств образцов растительных и натуральных кож составлена сравнительная таблица получившихся выводов о составе образцов (табл.1).

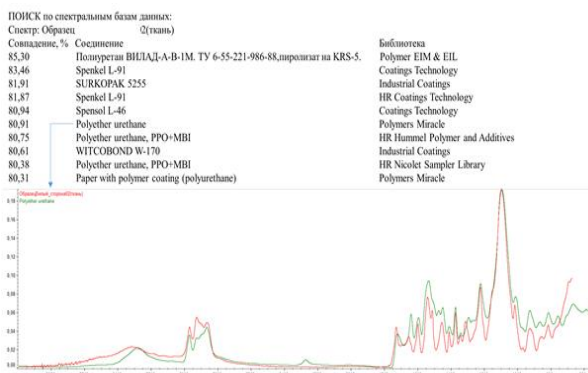


Рис. 4

Воздухопроницаемость кож связана с диффузионными и сорбционными процессами, происходящими в коже. Воздухопроницаемость натуральной кожи может варьироваться в достаточно широком диапазоне и зависит от вида кожевенного сырья, его плотности, топографического участка и способа получения [8], [9].

Характер покрытия кож, наличие в нем сквозных пор и их количество являются важными факторами, определяющими воздухопроницаемость кожи. Встречаются кожи с лицевым покрытием, совершенно не пропускающим воздух. Воздухопроницаемость верхних хромовых кож с казеиновым покрытием колеблется от 40 до 690 куб. см/кв. см·ч, кожи с нитратцеллюлозным покрытием практически не воздухопроницаемы, воздухопроницаемость подошвенных кож комбинированного дубления от 80 до 120 куб.см/кв.см·ч. Воздухопроницаемость кож в связи с нитроцеллюлозным и акриловым покрытиями снижается в 8...10 раз.

Воздухопроницаемость кожи зависит, прежде всего, от толщины и пористости. Из тонких шкур рыхлого строения обычно получают кожу с высокой воздухопроницаемостью.

Воздухопроницаемость обуславливается наличием сквозных пор в коже. С умень-

шением ее толщины растет и ее воздухопроницаемость. Более плотные кожи имеют меньшую воздухопроницаемость.

Воздухопроницаемость кож зависит от микроструктуры кожи: строения ее слоев, угла наклона пучков волокон кожи к горизонтали, компактность их укладки, степени рыхления пучков на волокна, толщины (полноты пучков волокон) сетчатого слоя кожи.

Воздухопроницаемость эконожи бывает в десятки раз выше любой натуральной кожи [10], [11].

На основании воздухопроницаемости кожи можно судить о ее теплоизоляционной способности [12], [13].

Т а б л и ц а 2

Номер образца	Толщина, мм	Воздухопроницаемость, м ³ /м ² *мин	Разрывная нагрузка, Н
1	0,7	0,175	430
2	1,0	0,145	553
3	1,9	0,085	736
4	1,1	0,153	480
5	1,1	0,145	500
6	0,95	0,145	450

Точное определение свойств воздухопроницаемости и распределение по поверхности образца требует проведения математического моделирования физической модели структуры образца [14], в основе которого лежит слой композиционного нетканого материала. Воздухопроницаемость определялась на приборе FF-12/A (Венгрия). Важной эксплуатационной характеристикой любого материала является сопротивление разрыву [15], а именно, разрывная нагрузка, которая определялась на приборе Instron® 6800. В табл. 2 представлены характеристики образцов и результаты испытаний.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты исследования показали, что искусственная кожа (на основе экоматериала) по некоторым показателям превосходит натуральную кожу. К тому же материал частично биоразлагае-

мый и имеет технические характеристики, необходимые для легкой, кожевенной, мебельной и автомобильной промышленности. Благодаря своей гибкости, воздухопроницаемости и долговечности (срок службы не менее 10 лет) кожа из кактуса способна заменить материалы из животных и синтетические аналоги, которые не являются экологически чистыми. На основании результатов исследования и сделанных выводов можно рекомендовать эконожу из мексиканских кактусов производителям текстильной промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина Л.Л., Гаврилова О.Е. Обзор развития и состояния производства искусственных кож для изделий легкой промышленности // Вестник технолог. ун-та. – 2013. Т. 16, № 21. С.184...187.
2. Meyer M., Dietrich S., Schulz H., Mondschein A. Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives. Coatings.– 2021; 11(2):226. <https://doi.org/10.3390/coatings11020226>
3. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G., Belgorodsky V.S. On the influence of the compression items sporting destination on the human condition // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 6. P. 131..140.
4. Satsumoto Y., Piao S. Effects of shoe fit and moisture permeability of a leather shoe on shoe microclimate and air exchange // J. Ergon. – 2016, 6, 1...7.
5. Евсюкова Н.В., Коваленко Г.М., Бокова Е.С. Исследование полиуретановых водных дисперсий марки Аквапол® для производства искусственных кож // Пластические массы. – 2021;(5-6). 36...39.
6. ГОСТ 8973–87. Кожа искусственная. Метод определения воздухопроницаемости. Введ. 01.01.1979. 6 с.
7. Gulbiniene, A.; Jankauskaite, V.; Kondratas, A. Investigation of the water vapour transfer properties of textile laminates for footwear linings. Fibres Text. East. Eur. – 2011, 19, 86.
8. ГОСТ Р ИСО 9237–99. Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости. Введ. 01.01.2001. 7 с.
9. Sureshkumar P.S.; Thanikaivelan P.; Phebe K.; Krishnaraj K.; Jagadeeswaran R.; Chandrasekaran B. Investigations on structural, mechanical, and thermal properties of pineapple leaf fiber-based fabrics and cow softy leathers: An approach toward making amalgamated leather products // J. Nat. Fibers. – 2012, 9, 37...50.
10. Гаврилова О.Е., Никитина Л.Л. Применение перспективных полимерных материалов в легкой промышленности для повышения качества изде-

лий// Вестник технолог. ун-та. – 2013. Т. 17, № 18. С.96...99.

11. Катаева О.В., Ерасина И.В. Анализ современных технологий производства искусственных мягких кож // Вестник технолог. ун-та. – 2013. Т. 15, № 6. С.107...108.

12. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. Analysis of innovative technologies of thermoregulating textile materials//Fibre Chemistry. – 2018. V. 50, № 1. С. 1...9.

13. Давыдов А.Ф., Кудринский С.В. Определение коэффициента теплопередачи конвективного тепла огнестойких тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С. 38...40.

14. Тюрин И.Н., Яковлев А.М., Андреева Е.Г., Ташпулатов С.Ш., Белгородский В.С. Численное моделирование компрессионного воздействия фильтрующей полумаски на мягкие ткани человека // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 179...183.

15. Таласпаева А.А., Жилисбаева Р.О., Ташпулатов С.Ш. Исследование прочностных характеристик нетканых образцов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 5. С.126...128.

REFERENCES

1. Nikitina L.L., Gavrilova O.E. Obzor razvitiya i sostoyaniya proizvodstva iskusstvennykh kozh dlya izdeliy legkoy promyshlennosti // Vestnik tekhnolog. un-ta. – 2013. Т. 16, № 21. С.184...187.

2. Meyer M., Dietrich S., Schulz H., Mondschein A. Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives. Coatings.– 2021; 11(2):226. <https://doi.org/10.3390/coatings11020226>

3. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G., Belgorodsky V.S. On the influence of the compression items sporting destination on the human condition // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 6. P. 131...140.

4. Satsumoto Y., Piao S. Effects of shoe fit and moisture permeability of a leather shoe on shoe microclimate and air exchange // J. Ergon. – 2016, 6, 1...7.

5. Evsyukova N.V., Kovalenko G.M., Bokova E.S. Issledovanie poliuretanovykh vodnykh dispersiy marki Akvapol® dlya proizvodstva iskusstvennykh kozh // Plasticheskie massy. – 2021;(5-6). 36...39.

6. GOST 8973–87. Kozha iskusstvennaya. Metod opredeleniya vozdukhopronitsaemosti. Vved. 01.01.1979. 6 s.

7. Gulbinienė, A.; Jankauskaitė, V.; Kondratas, A. Investigation of the water vapour transfer properties of textile laminates for footwear linings. Fibres Text. East. Eur. – 2011, 19, 86.

8. GOST R ISO 9237–99. Materialy tekstil'nye. Metod opredeleniya vozdukhopronitsaemosti. Vved. 01.01.2001. 7 s.

9. Sureshkumar P.S.; Thanikaivelan P.; Phebe K.; Krishnaraj K.; Jagadeeswaran R.; Chandrasekaran B. Investigations on structural, mechanical, and thermal properties of pineapple leaf fiber-based fabrics and cow softy leathers: An approach toward making amalgamated leather products // J. Nat. Fibers. – 2012, 9, 37...50.

10. Gavrilova O.E., Nikitina L.L. Primenenie perspektivnykh polimernykh materialov v legkoy promyshlennosti dlya povysheniya kachestva izdeliy // Vestnik tekhnolog. un-ta. – 2013. Т. 17, № 18. С.96...99.

11. Kataeva O.V., Erasina I.V. Analiz sovremennykh tekhnologiy proizvodstva iskusstvennykh myagkikh kozh // Vestnik tekhnolog. un-ta. – 2013. Т. 15, № 6. С.107...108.

12. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. Analysis of innovative technologies of thermoregulating textile materials//Fibre Chemistry. – 2018. V. 50, №1. С. 1...9.

13. Davydov A.F., Kudrinskiy S.V. Opredelenie koeffitsienta teploperedachi konvektivnogo tepla ognestoykikh tkaney // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2018, № 3. С. 38...40.

14. Tyurin I.N., Yakovlev A.M., Andreeva E.G., Tashpulatov S.Sh., Belgorodskiy V.S. Chislennoe modelirovanie kompressionnogo vozdeystviya fil'truiushchey polumaski na myagkie tkani cheloveka // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 6. С. 179...183.

15. Talaspaeva A.A., Zhilisbaeva R.O., Tashpulatov S.Sh. Issledovanie prochnostnykh kharakteristik netkanykh obraztsov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 5. С.126...128.

Рекомендована кафедрой энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 25.04.22.

**ВЛИЯНИЕ ЗАЖИМНОЙ ДЛИНЫ ОБРАЗЦА
НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ**

**EFFECT OF CLAMPING LENGTH OF SAMPLE
ON THE RESULTS OF COTTON FABRICS
STRENGTH INDICES**

В.П. ЗИНОВЬЕВ, В.И. РУБЦОВ, Ю.С. ШУСТОВ, А.Н. ТИМОШЕНКО, И.В. ОЛЕНИНА

V.P. ZINOVEV, V.I. RUBTSOV, YU.S. SHUSTOV, A.N. TIMOSHENKO, I.V. OLENINA

(Государственный научный центр Федеральный медицинский
биофизический центр им. А.И. Бурназяна,
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the FMBA of Russia,
A.N. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art))

E-mail: 1. zvp.2013@yandex.ru, 2. 6145293@mail.ru

В статье рассмотрено влияние зажимной длины образцов тканей при испытаниях их на разрыв на результаты испытаний. Для обеспечения идентичности рассматриваемых образцов, необходимо иметь дело не со средней разрывной нагрузкой, а со средней удельной работой разрыва, как интегральной оценкой прочностных свойств рассматриваемых образцов. Проведено сравнение результатов влияния масштабного фактора на удельную работу разрыва и усилия при разрыве хлопчатобумажных тканей.

The article considers the effect of clamping length of fabric samples on results of their strength tests. To ensure the identity of the samples under consideration, it is necessary to deal not with the average breaking load, but with the average unit-breaking toughness as an integral estimation of strength properties of the samples under consideration. The results of the scale factor effect on unit-breaking toughness were compared with an effort at breaking of cotton fabrics.

Ключевые слова: масштабный коэффициент, средняя разрывная нагрузка, удельная работа разрыва, хлопчатобумажная ткань.

Keywords: scale factor, average breaking load, unit-breaking toughness, cotton fabric.

Настоящее исследование посвящено выявлению возможности применения статистической модели А.М. Фрейденталю к плоским текстильным материалам, ярким примером которых служат хлопчатобумажные ткани. Краткая статистическая теория хрупкого разрушения, наиболее характерной чертой, которого является низкая воспроизводимость результатов испытаний, описана Фрейденталем в [1].

Если считать, что попадание в объем V единственной неоднородности критической интенсивности приводит к разрушению этого объема, то вероятность разрушения $P_F(V)$ может быть выражена как функция, экспоненциально зависящая от объема (площади или длины)

$$P_F(V) = 1 - P^*(V) = 1 - e^{-cV}. \quad (1)$$

Из выражения (1) видно, что при одной и той же концентрации неоднородностей с вероятностью разрушения быстро возрастает с увеличением объема.

Уравнение (1) имеет совершенно общий характер и не зависит от каких бы то ни было допущений относительно физической природы неоднородностей, поскольку оно было получено на основе чисто вероятностных соображений. Его вывод основывался на допущении, что появление всего одной критической неоднородности в объеме V приводит к разрушению испытываемого образца.

Следуя общей закономерности (1), говорящей о быстром росте вероятности разрушения образца с ростом его размеров, в [2], [3] было получено соотношение, конкретизирующее зависимость величины разрывной нагрузки испытываемых образцов от зажимной длины, имеющее следующий вид:

$$\bar{P}(\ell) = \bar{P}(\ell_0) \left(\frac{\ell_0}{\ell} \right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (2)$$

где $\bar{P}(\ell)$ – средняя разрывная нагрузка образцов при произвольной зажимной длине ℓ ; $\bar{P}(\ell_0)$ – средняя разрывная нагрузка образцов при зажимной длине ℓ_0 , являющаяся рекомендуемой зажимной длиной при испытаниях; α – параметр распределения Вейбулла, характеризующий свойства материала образца и его структурные особенности.

Все вышесказанное относится к "номинально идентичным образцам". То есть образцам одинакового поперечного сечения, где рост объема образца происходит за счет увеличения одного линейного измерения, совпадающего с направлением действия разрушающей нагрузки [4...7].

Действительно, если сравнивать между собой образцы, имеющие существенно различные все размеры друг от друга, то, скажем, при увеличении объема образца и по длине и по толщине мы не сможем заметить эффекта, описываемого формулой (2). Однако при испытаниях текстильных материалов приходится иметь дело с далеко не идентичными образцами в силу их большой

природной неоднородности, а также различными размерами образцов, регламентируемыми соответствующими стандартами. В этом случае, как считают авторы, наиболее подходящим вариантом, который приближает испытателя к идентичности образцов, необходимо иметь дело не со средней разрывной нагрузкой образцов, а со средней удельной работой разрыва, как интегральной оценкой прочностных свойств образцов, учитывающей их неравномерность по поперечному сечению и вероятностному распределению слабых мест внутри образца. Условия проведения испытаний при этом остаются без изменения. Тогда зависимость (2) примет вид:

$$\bar{A}_{уд}(\ell) = \bar{A}_{уд}(\ell_0) \left(\frac{\ell_0}{\ell} \right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (3)$$

где $\bar{A}_{уд}(\ell)$ – среднее значение удельной работы разрыва образцов при зажимной длине ℓ ; $\bar{A}_{уд}(\ell_0)$ – среднее значение удельной работы разрыва образцов при зажимной длине ℓ_0 .

Определение параметра $\frac{1}{\alpha}$ осуществляется по формуле:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\ln \bar{A}_{уд}(\ell) - \ln \bar{A}_{уд}(\ell_0)}{\ln(\ell_0) - \ln(\ell)}. \quad (4)$$

При таком подходе параметр α имеет значения более близкие к значениям, характеризующим непосредственно свойства материала и конструкции образцов, так как в этом случае исключается влияние их геометрической и структурной неравномерности. Все неоднородности в этом случае учитываются "автоматически" величиной энергии, затрачиваемой на разрушение.

Кроме того, поскольку удельная работа разрыва определяется как отношение абсолютного значения работы разрыва к рабочему объему образца, то этот показатель хорошо подходит для корректного сравнения испытываемых материалов с существенно различными свойствами, например такими как, молескин, марля, бязь.

Для решения поставленной задачи были выбраны два образца тканей, широко используемые для изготовления спецодежды, и проведены испытания этих тканей по основе и утку для определения их разрывных нагрузок и разрывного удлинения при различных значениях зажимной длины, устанавливаемой на испытательной разрывной машине.

Такие испытания и расчеты были проведены для уровней варьирования зажимной

длины 50, 100, 200 и 300 мм для основы и утка ткани молескин хлопчатобумажная 100%, и 20, 100, 200 и 300 мм для основы и утка ткани бязь хлопчатобумажная 100%. Данные для расчета снимались с диаграмм растяжения образцов и определялось среднее из 5 повторных испытаний на каждом уровне варьирования. В табл. 1 приведены средние значения испытаний, являющиеся исходными данными для дальнейших расчетов.

Т а б л и ц а 1

Ткань	Зажимная длина, мм	Разрывная нагрузка, Н		Разрывное удлинение, мм	
		основа	уток	основа	уток
Молескин	50	700	1009	4,00	17,0
	100	655	960	6,50	26,0
	200	584	725	11,6	45,0
	300	570	607	15,4	58,0
Бязь	20	425	286	4,00	6,32
	100	457	266	10,0	19,4
	200	381	225	18,2	35,1
	300	369	201	26,6	57,7

Кроме того, для кусочно-линейной аппроксимации диаграмм растяжения с целью дальнейшего расчета удельной работы разрыва с каждой диаграммы было снято по 6 значений нагрузки в соответствии с абсолютными значениями деформации.

Значения удельной работы разрыва для каждого из образцов исследованных тканей, сведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование образца	Зажимная длина, мм	Удельная работа разрыва, мДж/мм ³	
		основа	уток
Молескин	50	24,90	57,37
	100	17,11	36,66
	200	12,89	20,34
	300	11,17	14,26
Бязь	20	19,3	12,8
	100	8,85	7,32
	200	7,11	6,83
	300	6,03	5,50

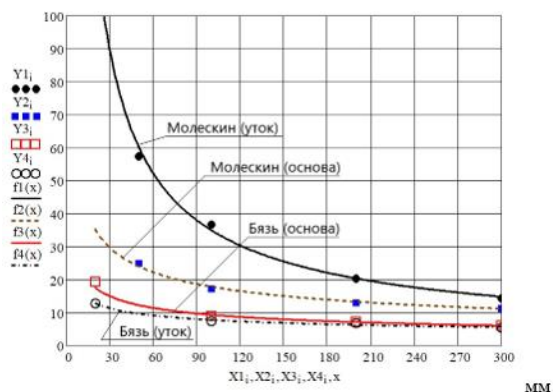


Рис. 1

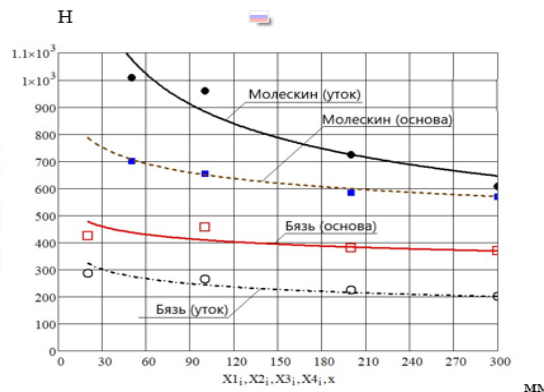


Рис.2

Графическая интерпретация приведенных в табл. 2 результатов представлена на рис. 1 и дает наглядное представление о степени влияния масштабного фактора на прочностные свойства испытанных образцов тканей, оцененных удельной работой разрыва. Степень влияния масштабного фактора на прочность образцов без приведения их к "идентичности" представлена на рис. 2.

Сравнение качества описания влияния масштабного фактора на результаты испытаний тканей с помощью математических моделей (2) и (3) осуществлялось сопоставлением значений критериев адекватности в случае расчетов, получаемых по двум указанным формулам. То есть в случае без приближения к идентичности испытываемых образцов (2) и с проведением такого приближения (3).

Адекватность выбранной аппроксимирующей функциональной зависимости экспериментальным данным оценивалась с использованием критерия Фишера [4], расчетное значение которого определялось по формуле

$$F_R = \frac{S_{(2)}^2 \{Y\}}{S_{(1)}^2 \{Y\}}, \quad (5)$$

где $S_{(1)}^2 \{Y\}$ – дисперсия воспроизводимости, характеризующая средний разброс значений выходного параметра относительно его средних значений при каждом u -м уровне, т.е. ошибку опытов в эксперименте. Определяется по формуле

$$S_{(1)}^2 \{Y\} = \frac{1}{N(m-1)} \sum_{u=1}^N \sum_{v=1}^m (Y_{uv} - \bar{Y}_u)^2, \quad (6)$$

где N – число уровней варьирования фактора (зажимной длины); m – число повторных опытов на каждом уровне варьирования; $S_{(2)}^2 \{Y\}$ – дисперсия адекватности, ха-

рактеризующая рассеивание средних экспериментальных значений \bar{Y}_u относительно значений аппроксимирующей функции на каждом u -м уровне. Рассчитывается по формуле:

$$S_{(2)}^2 \{Y\} = \frac{m}{N-2} \sum_{u=1}^N (Y_{Ru} - \bar{Y}_u)^2. \quad (7)$$

Из двух сравниваемых дисперсий в числителе должна быть всегда большая дисперсия, чтобы значение критерия было больше 1, а числа степеней свободы для них с целью выбора табличного значения критерия F_t , соответственно равны:

$f \{S_{(1)}^2\} = N(m-1) = 16$ – число степеней свободы дисперсии воспроизводимости;

$f \{S_{(2)}^2\} = N-2 = 2$ – число степеней свободы дисперсии адекватности.

Из таблицы значений критерия Фишера для доверительной вероятности $P_D = 0,95$ и определенных выше степеней свободы дисперсий находим:

- если дисперсия адекватности больше дисперсии воспроизводимости, то $F_t = 3,63$;
- если дисперсия адекватности меньше дисперсии воспроизводимости, то $F_t = 19,43$.

Если расчетное значение критерия $F_R < F_t$, то гипотеза об адекватности, примененной для описания экспериментальных данных математической модели, не отвергается. В противном случае эта статистическая гипотеза должна быть отвергнута.

Анализ рис. 1 и 2 наглядно показывает, что статистическая модель прочности (3), описывающая зависимость удельной работы разрыва в зависимости от величины зажимной длины образца, значительно лучше описывает поведение испытываемого материала, чем аналогичная зависимость (2), но примененная непосредственно к полученным в результате испытаний значениям разрывной нагрузки. Этот факт подтверждается данными табл. 3.

Т а б л и ц а 3

		$I_{\text{зак}}$	Разрывная нагрузка				Удельная работа разрыва			
			$(Y_{uv} - \bar{Y}_u)^2$	$(Y_{Ru} - \bar{Y}_u)^2$	F_R	F_t	$(Y_{uv} - \bar{Y}_u)^2$	$(Y_{Ru} - \bar{Y}_u)^2$	F_R	F_t
Молескин	Основа	50	346	36	2,56	3,63	5,7	0,84	3,50	3,63
		100	983	25			3,9	0,58		
		200	508	196			4,6	0,16		
		300	2187	0			3,8	0		
		$s^2\{Y\}$	$s_{(1)}^2\{Y\}=254$	$s_{(2)}^2\{Y\}=642$			$s_{(1)}^2\{Y\}=1,125$	$s_{(2)}^2\{Y\}=3,95$		
	Уток	50	4096	4624	14,4	3,63	46,8	7,18	3,39	3,63
		100	10242	5776			23,7	3,24		
		200	2536	0			34,4	0		
		300	3427	1521			21,3	0,25		
		$s^2\{Y\}$	$s_{(1)}^2\{Y\}=1269$	$s_{(2)}^2\{Y\}=18252$			$s_{(1)}^2\{Y\}=7,87$	$s_{(2)}^2\{Y\}=26,7$		
Бязь	Основа	50	213	2704	247	3,63	2,5	0,19	1,29	3,63
		100	121	2304			2,2	0,14		
		200	253	4			2,7	0		
		300	253	0			2,8	0		
		$s^2\{Y\}$	$s_{(1)}^2\{Y\}=52,5$	$s_{(2)}^2\{Y\}=13000$			$s_{(1)}^2\{Y\}=0,637$	$s_{(2)}^2\{Y\}=0,825$		
	Уток	50	63	1369	78	3,63	2,1	0	1,40	3,63
		100	121	484			1,8	0,185		
		200	625	81			1,9	0,084		
		300	183	0			1,8	0		
		$s^2\{Y\}$	$s_{(1)}^2\{Y\}=62$	$s_{(2)}^2\{Y\}=4835$			$s_{(1)}^2\{Y\}=0,479$	$s_{(2)}^2\{Y\}=0,672$		

Действительно, статистическая модель (2) не может качественно описать зависимость прочности образца ткани от его размеров, что подтверждается расчетом адекватности аппроксимирующей функции. Практически на всех уровнях испытаний расчетное значение критерия Фишера больше табличного.

ВЫВОДЫ

1. Применен энергетический подход для приведения существенно различающихся по геометрии образцов к идентичности для вероятностной оценки влияния масштабного фактора на результаты испытаний.

2. Сравнение результатов испытаний по влиянию масштабного фактора на разрывную нагрузку хлопчатобумажных тканей, приведенных к идентичности образцов с помощью энергетического анализа прочности, и не приведенных показало, что более точно описывает влияние масштабного фактора метод расчета с энергетически приведенными к идентичности образцами.

3. Расчет удельной разрывной нагрузки образцов по результатам испытаний продемонстрировал возможность сравнения между собой по прочности существенно от-

личающихся друг от друга материалов, что может быть использовано для разработки нормативов прочности в новых стандартах.

4. Результаты проведенного эксперимента показали, что влияние масштабного фактора даже при условии изготовления тканей из сырья одного вида, может существенно отличаться по своей значимости, что говорит о необходимости проведения специальных исследований, направленных на объяснение причин этого феномена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Либовиц Г. Разрушение. – Т. 2. Математические основы теории разрушения. – М.: Мир, 1975.
2. Зиновьев В.П. Оптимизация состава и структуры пряжи кольцевого способа прядения с целью рационального использования сырья: Дис...канд. техн. наук. – М.: МТИ, 1985.
3. Щербаков В.П., Зиновьев В.П. Зависимость разрывной нагрузки волокон хлопка от зажимной длины. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, №2. С 27...29.
4. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.
5. Шеромова И.А., Старкова Г.П., Железняков А.С. Исследование напряженно-деформационного состояния волокнистых материалов // Изв. вузов.

Технология текстильной промышленности. – 2008, №3. С. 21...23

6. Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Рыбакова Д.А., Гусев Б.Н. Разработка структурной схемы проектирования качества текстильных изделий. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С. 40...45.

7. Севостьянов П.А. Компьютерное и математическое моделирование текстильных материалов – М.: МГУДТ, 2013.

REFERENCES

1. Libovits G. Razrushenie. – Т. 2. Matematicheskie osnovy teorii razrusheniya. – М.: Mir, 1975.

2. Zinov'ev V.P. Optimizatsiya sostava i struktury pryazhi koltseвого sposoba pryadeniya s tsel'yu ratsional'nogo ispol'zovaniya syr'ya: Dis...kand. tekhn. nauk. – М.: МТИ, 1985.

3. Shcherbakov V.P., Zinov'ev V.P. Zavisimost' razryvnoy nagruzki volokon khlopka ot zazhimnoy dliny // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1988, №2. S 27...29.

4. Sevost'yanov A.G. Metody i sredstva issle-dovaniya mekhaniko-tekhnologicheskikh protses-sov tekstil'noy promyshlennosti. – М.: Legkaya industriya, 1980.

5. Sheromova I.A., Starkova G.P., Zheleznyakov A.S. Issledovanie napryazhenno- deformatsionnogo sostoyaniya voloknistykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2008, №3. S. 21...23

6. Shalomin O.A., Matrokhin A.Yu., Rybakova D.A., Gusev B.N. Razrabotka strukturnoy skhemy proektirovaniya kachestva tekstil'nykh izdeliy. // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, №4. S. 40...45.

7. Sevost'yanov P.A. Komp'yuternoe i matema-ticheskoe modelirovanie tekstil'nykh materialov – М.: МГУДТ, 2013.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 22.02.22.

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_91

УДК 677.074

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА МЕМБРАННЫХ ТКАНЕЙ

THE IMPROVEMENT OF REGULATORY SUPPORT IN ASSESSING THE QUALITY OF MEMBRANE FABRICS

М.А. СТАШЕВА, Т.О. ГОЙС, Б.Н. ГУСЕВ

M.A. STASHEVA, T.O. GOIS, B.N. GUSEV

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: mtsm@ivgpu.com

В работе рассматривается проблема совершенствования нормативного обеспечения при оценке качества мембранных тканей в направлении уточнения номенклатуры единичных показателей качества. Для достижения поставленной цели были проанализированы существующие национальные стандарты на технические условия изготовления различных видов мембранных тканей, по которым были определены несоответствия в номенклатуре показателей качества. В результате предложена единая форма представления показателей качества мембранных тканей для построения соответствующих технических условий национальных и отраслевых стандартов, а также стандартов организаций.

The paper considers the problem of improving regulatory support in assessing the quality of membrane fabrics in the direction of clarifying the nomenclature of individual quality indicators. To achieve this goal, the existing national standards

for the technical conditions of various types of membrane fabrics manufacture were analyzed, according to which inconsistencies in the nomenclature of quality indicators were determined. As a result, a unified presentation form of membrane fabric quality indicators is proposed for the creating of appropriate technical conditions of national and industry standards, as well as proprietary standard.

Ключевые слова: мембранные ткани, технические условия, качество, единичные показатели, нормативные значения.

Keywords: membrane fabrics, technical conditions, quality, individual indicators, normative values.

Введение

В настоящее время возрос интерес применения мембранных тканей при изготовлении водозащитной одежды и обуви. Изделия с повышенными защитными свойствами от влаги пользуются спросом не только у работников определенных отраслей промышленности, связанных с работой в среде с повышенной влажностью, но и у бытового потребителя. Одежда и обувь, обладающая водозащитными свойствами и одновременно необходимыми гигиеническими свойствами, получила название "outdoor" и применяется как одежда для активного отдыха [1].

Современный ассортимент мембранных тканей представлен широкой линейкой как по виду применяемых текстильных материалов, являющихся "подложкой" (каркасом), отличающихся составом, переплетением нитей, поверхностной плотностью, структурными характеристиками, так и по виду используемых мембран [2...4].

Методы (направления) исследования

При объективной оценке качества готовой продукции (мембранных тканей) назрела необходимость и совершенствова-

ния нормативного обеспечения как на уровне национальных (отраслевых) стандартов, так и на уровне стандартов организации [5], [6]. Это связано с тем, что действующие нормативно-технические документы (технические условия) распространяются только на бытовые ткани с водозащитными свойствами. Поэтому совершенствование соответствующих технических условий в рамках оценки уровня качества мембранных тканей целесообразно осуществлять в следующих направлениях:

- уточнения номенклатуры и нормативных значений единичных показателей качества;
- совершенствования методов количественной оценки показателей качества;
- формирования (при необходимости) методики комплексной оценки качества.

Результаты и обсуждения

На первом этапе исследования были проанализированы действующие национальные стандарты на технические условия изготовления различных тканых полотен с соответствующими покрытиями (пропитками) по форме табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Показатель качества, единица измерения	Применяемость в нормативном документе			
	ГОСТ 28486-90	ГОСТ 29222 -91	ГОСТ Р 57514-2017	ГОСТ Р 12.4.288-2013
Поверхностная плотность, г/м ²	+	+*		
Ширина, см	+	+		
Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50x200 мм, даН	+	+		+
Раздирающая нагрузка, даН	+			+
Стойкость к раздвигаемости нитей, даН	+	+*		
Стойкость к истиранию, циклы				+

Водоотталкивание, усл. ед.	+			+
Водонепроницаемость, мм вод. ст.	+			+
Водоупорность, мм вод. ст.		+		+
Адгезия, баллы	+			
Адгезионная прочность мокрого покрытия, Н/50 мм			+	
Прочность связи между слоями, Н/см				+
Изменение размеров после мокрой обработки, %	+	+		+
Стойкость к многократному изгибу, циклы				+
Устойчивость окраски к воздействию, баллы:				
- света	+	+	+	
- стирки	+	+	+	
- пота		+		
- дистиллированной воды	+	+		
- органических растворителей	+	+	+	
- глажения	+	+		
- трения	+	+	+	
Пиллингуемость, число пиллей на 10 см		+		
Осыпаемость, мм		+		
Несминаемость, %		+		
Минимальная прочность на продавливание, Н			+	
Минимальная водопаропроницаемость, %			+	
Паропроницаемость, мг/см ² ·ч				+
Оценка специальной одежды при опрыскивании			+	
Слипание после старения (все комбинации, исключая стирку)			+	
Стойкость к растрескиванию при низких температурах, кПа			+	
Проверка на плавление (только для ПВХ)			+	
Художественно-эстетические показатели:	+*			
- наименование сырья и его линейная плотность	+*	+*		
- число нитей на 10 см по основе и утку	+*	+*		
- вид переплетения	+*	+*		
- вид отделки	+*	+*		

Примечание: + - показатель нормируется в ГОСТ; +* - показатель нормируется в ТУ.

Следует отметить, что ГОСТ Р 57514-2017 отсутствует в Перечне международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза "О безопасности продукции легкой промышленности" (ТР ТС 017/2011). Кроме этого, настоящий

стандарт устанавливает требования к тканям с покрытием, проницаемым и непроницаемым для водяного пара, подходящим для использования в конструировании водонепроницаемой одежды. Данный стандарт не рассматривает метод изготовления специальной защитной одежды. В то же время физические требования, предъявляемые к готовой водонепроницаемой одежде, ни в коем случае не должны быть ниже требований, предъявляемых к ткани с покрытием (табл. 2).

Таблица 2

Код	Рекомендации по использованию
А	Для съемных изделий кратковременного использования в сочетании с рабочей одеждой и одеждой для активного отдыха
В	Для верха и накладных деталей одежды, предназначенной для продолжительной легкой активности
С	Для верха одежды, предназначенной для продолжительной средней и высокой активности
Д	Для верха рабочей одежды, предназначенной для продолжительной активности
Е	Для верха рабочей одежды, предназначенной для продолжительной активности в тяжелых условиях

Нормативные значения показателей качества зависят от назначения материала (рабочая одежда или одежда для активного отдыха) и длительности использования (кратковременная, продолжительная).

Рассмотрим подробнее свойства ткани с покрытием (coated fabric), где материал состоит из двух или более слоев, как минимум, один из которых является текстильным материалом (тканым, трикотажным или нетканым) и, как минимум, еще один слой является практически непрерывной полимерной пленкой. Причем слои прочно

скреплены между собой с помощью клея или за счет адгезионных свойств одного или нескольких составляющих этого материала слоев. Для этих тканей основным показателем качества является водопаропроницаемость (water vapour permeability (WVP)), т.е. способность ткани с покрытием пропускать водяной пар выше нормативного уровня, сохраняя при этом высокую степень водонепроницаемости (WPR). Нормативные значения для данного показателя приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Технологическое воздействие на мембранную ткань	Минимальные значения WPR для идентификационного кода, см H ₂ O				
	A	B	C	D	E
После сгибания	150	300	300	450	600
После старения и сгибания	150	250	250	300	450
После истирания (где применимо)	В соответствии с требованиями к конечному использованию готовой одежды				
После сухой чистки (только для тканей с ПУР покрытием)	150	150	150	200	250

Проведенный анализ нормативной документации на мембранные ткани свидетельствует о том, что отсутствует комплексность и системность (как основные принципы стандартизации) при формировании номенклатуры показателей качества.

По этой причине при совершенствовании технических условий на мембранные ткани предлагается в подразделе "Основные параметры и характеристики" раздела "Технические требования" структурировать показатели качества по форме табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Группа показателей	Подгруппа показателей	Показатели		
		Оцениваемое свойство	Показатель качества (физическая величина), единица измерения	
Назначения	Конструктивные	Протяженность в поперечном направлении	Ширина, см	
		Формирование	Количество слоев	
		Материалоемкость	Поверхностная плотность, г/м ²	
		Плотность	Число нитей на 10 см	
	Состав, структура	Сырьевой состав	Массовая доля входящих компонентов, %	
		Структура	Линейная плотность составляющих нитей, текс	
Надежности	Эксплуатационной надежности	Водонепроницаемость	Показатель на водоотталкивание, усл. ед	
			Показатель водонепроницаемости, мм вод. ст.	
			Показатель водоупорности, мм вод. ст	
	Прочность (на растяжение)	Прочность (на раздирание)	Прочность (на продавливание)	Разрывная нагрузка, Н
				Раздирающая нагрузка, Н
				Усилие на продавливание, Н
	Термостойкость			Проверка не плавление
Стойкость к растрескиванию при низких температурах, кПа				

	Сохраняемости	Стабильность размеров	Изменение линейных размеров после обработок, %
		Стабильность окраски	Устойчивость окраски, баллы
		Прочность связи	Адгезия, баллы
			Адгезионная прочность мокрого покрытия, Н/50 мм
			Прочность связи между слоями, Н/см
		Стойкость к старению	Уровень слипания после старения
Пиллингуемость	Число пиллелей на 10 см ²		
Долговечности	Износостойкость	Стойкость к истиранию, циклы	
		Стойкость к многократному изгибу, циклы	
Эргономичности	Соответствие физиологическим и гигиеническим требованиям	Паропроницаемость	Показатель паропроницаемости, мг/см ² ·ч
		Водопаропроницаемость	WVPI (показатель водопаропроницаемости, %) WVP (водопаропроницаемость), г/м/24 ч
Эстетические	Информационная выразительность	Оригинальность	Показатель оригинальности цветового решения
		Несминаемость	Фактура от вида переплетения нитей
Безопасности	Химическая безопасность	Вид отделки	Коэффициент несминаемости, %
			ПДК выделяемых мономеров
			Запах
			Индекс токсичности

Отмечаем, что в отличие от действующих нормативных документов, показанных в табл. 1, по отдельным показателям качества осуществлена корректировка их названия с целью исключения смешивания понятий наименования отдельного свойства и наименования количественного показателя данного свойства, т.е. показателя качества как физической величины. Для проведения этой работы воспользовались ранее проведенными исследованиями [7].

Методология установления рациональных нормативных значений показателей качества различных по виду текстильных материалов с учетом постоянно обновляющегося ассортимента рассмотрена в работах [8], [9].

При необходимости комплексной оценки качества мембранных тканей (например, для оценки их конкурентоспособности) можно воспользоваться ранее разработанными рекомендациями [10], [11].

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что в имеющейся нормативной документации на мембранные ткани отсутствует комплексность и системность при формировании номенклатуры показателей качества. В

стандартах не всегда приводится необходимый и достаточный перечень показателей для объективной оценки качества мембранных тканей. Имеет место также смешивание понятий контролируемых свойств и их количественных показателей, т.е. единичных показателей качества. Таким образом, в итоге (табл. 4) предложен расширенный и систематизированный по соответствующим группам перечень показателей качества мембранных тканей, необходимый для разработки соответствующих технических условий при формировании национальных и отраслевых стандартов, а также стандартов организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Зайцева О.В. и др. Современные ткани с мембранным покрытием // Дизайн. Материалы. Технология. – 2014, № 5(35). С. 25...29.
2. Покровская Е.П., Метелева О.В. Создание нового герметизирующего материала для защитных швейных изделий // Научный поиск. – 2011, №1. С.75...79.
3. Кубеко А. Функциональные ткани в профессиональной одежде нового поколения // Рабочая одежда и СИЗ. – 2005, №1(28). С.20.
4. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Парошин В.В., Зайцева О.В. Композиционные мембраны // Вестник Казанского технологического университета. – 2012, №15. С. 67...75.

5. Stasheva M.A., Efimova O.G., Saakyan N.V., Skurikhina N.E. Improved nomenclature for silk fabric properties for quality control // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2002, № 2. P. 124...125.

6. Ефимова О.Г., Сташева М.А., Буторина Н.В. и др. Совершенствование классификации шелковых тканей и изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 5. С. 124...125.

7. Гусев Б.Н., Герасимова А.Ю., Виноградова Н.В., Николаева О.А. Формирование качественных и количественных характеристик текстильных материалов. – Иваново: ИГТА, 2004.

8. Цыбышева А.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Организация нормирования показателей связанности нитей при производстве строительных геосинтетических материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №3. С. 300...302.

9. Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Кусенкова А.А., Гусев Б.Н. Установление нормативного значения для показателей прочности геосинтетических полотен на основе оценки параметров распределения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №2. С. 54...57.

10. Парвицкая Д.Т., Шустов Ю.С., Буланов Я.И., Курденкова А.В. Комплексная оценка качества тканей с мембранным покрытием // Вестник науки и образования. – 2019. № 11-1(65). С. 18...21.

11. Кусенкова А.А., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Оценка уровня конкурентоспособности геосинтетических тканых полотен // Технологии и качество. – 2019, №1. С. 16...21.

REFERENCES

1. Abdullin I.Sh., Ibragimov R.G., Zaytseva O.V. i dr. Sovremennye tkani s membrannym pokrytiem // Dizayn. Materialy. Tekhnologiya. – 2014, № 5(35). S.25...29.

2. Pokrovskaya E.P., Meteleva O.V. Sozdanie novogo germetiziruyushchego materiala dlya zashchitnykh shveynykh izdeliy // Nauchnyy poisk. – 2011, №1. S.75...79.

3. Kubeko A. Funktsional'nye tkani v professional'noy odezhde novogo pokoleniya // Rabochaya odezhda i SIZ. – 2005, №1(28). S.20.

4. Abdullin I.Sh., Ibragimov R.G., Paroshin V.V., Zaytseva O.V. Kompozitsionnye membrany // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2012, №15. S. 67...75.

5. Stasheva M.A., Efimova O.G., Saakyan N.V., Skurikhina N.E. Improved nomenclature for silk fabric properties for quality control // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2002, № 2. P. 124...125.

6. Efimova O.G., Stasheva M.A., Butorina N.V. i dr. Sovershenstvovanie klassifikatsii shelkovykh tkaney i izdeliy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2001, № 5. S.124...125.

7. Gusev B.N., Gerasimova A.Yu., Vinogradova N.V., Nikolaeva O.A. Formirovanie kachestvennykh i kolichestvennykh kharakteristik tekstil'nykh materialov. – Ivanovo: IGTA, 2004.

8. Tsybysheva A.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N. Organizatsiya normirovaniya pokazateley svyazannosti nitey pri proizvodstve stroitel'nykh geosinteticheskikh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, №3. S. 300...302.

9. Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Kusenкова А.А., Gusev B.N. Ustanovlenie normativnogo znacheniya dlya pokazateley prochnosti geosinteticheskikh poloten na osnove otsenki parametrov raspredeleniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №2. S. 54...57.

10. Parvitskaya D.T., Shustov Yu.S., Bulanov Ya.I., Kurdenkova A.V. Kompleksnaya otsenka kachestva tkaney s membrannym pokrytiem // Vestnik nauki i obrazovaniya. – 2019. № 11-1(65). S. 18...21.

11. Kusenkova A.A., Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N. Otsenka urovnya konkurentosposobnosti geosinteticheskikh tkanykh poloten // Tekhnologii i kachestvo. – 2019, №1. S. 16...21.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения, метрологии и стандартизации. Поступила 17.01.22.

**АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПЛЮШЕВОГО ТРИКОТАЖА НА БАЗЕ ПРЕССОВОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ**

**ANALYSIS OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
OF THE PLUSH KNITTED FABRIC BASED ON THE TUCK STITCH**

*Г.И. МАХМУДОВА^{1,2}, С.Ш. ТАШПУЛАТОВ^{3,4}, О.И. НУРМАМАТОВА³,
З.У. ЗУФАРОВА³, Г.Д. КАЙРАНБЕКОВ⁵*

*G.I. MAKHMUDOVA^{1,2}, S.SH. TASHPULATOV^{3,4}, O.I. NURMAMATOVA³,
Z.U. ZUFAROVA³, G.D. KAIRANBEKOV⁵*

¹Университет Дружбы народов имени академика А.Куатбекова, Республика Казахстан,

²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,

³Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,

⁴Джизакский политехнический институт, Республика Узбекистан,

⁵Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Республика Казахстан)

(University of Friendship of Peoples named after Academician A.Kuatbekov, Republic of Kazakhstan,

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,

University Kazakh National named after Al-Farabi, Republic of Kazakhstan)

E-mail: maxmudova1974@mail.ru, ssht61@mail.ru

В статье изложены основные результаты исследования влияния структуры базисного переплетения на физико-механические свойства плюшевого трикотажа. Установлено, что введение в структуру дополнительных элементов уменьшает растяжимость по длине и по ширине, снижает поверхностную плотность, увеличивает прочность трикотажа.

Среди основных свойств, определяющих его формоустойчивость, являются растяжимость, усадка, жесткость, обратимая и необратимая деформации. Установлено, что введение в структуру трикотажа прессовых петель и изменение их количества в раппорте переплетения увеличивает формоустойчивость плюшевого трикотажа.

В статье отмечено, что усадка рекомендованных полотен плюшевого трикотажа имеет очень хорошие показатели, особенно по ширине полотна, т.е. трикотаж после мокрых обработок мало усаживается.

The article presents the main results of the study of the main weave structure influence on the physical and mechanical properties of plush knitwear. It is established that the introduction of additional elements into the structure reduces the extensibility in length and width, reduces the surface density, increases the strength of knitwear.

Among the main properties that determine its shape stability are extensibility, shrinkage, stiffness, reversible and irreversible deformation. It is established that the introduction of press loops into the structure of knitwear and a change in their number in the weave rapport increases the shape stability of plush knitted fabric.

The article notes that the shrinkage of the recommended fabrics of plush knitwear has very good indicators, especially in the width of the fabric, i.e. the knitwear does not shrink much after wet treatments.

Ключевые слова: плюшевый трикотаж, упругость нитей, прочность, поверхностная плотность, параметры, формоустойчивость, свойства, материалоемкость, переплетения.

Keywords: plush knitwear, thread elasticity, strength, surface density, parameters, shape stability, properties, material consumption, weaves.

Введение

В условиях экономического кризиса особое место занимает вопрос расширения ассортимента и улучшения качества выпускаемых трикотажных изделий.

Разработка новых структур прессовых переплетений плюшевого трикотажа является важной научно-практической проблемой для текстильной и легкой промышленности. Поэтому нами разработаны новые виды плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения, чтобы увеличить ассортимент изделий трикотажных полотен, расширяющиеся технологические возможности трикотажных машин. Определены физико-механические свойства разработанных полотен.

Методы

На формоустойчивость оказывает влияние и структура базового переплетения при выработке плюшевого трикотажа. Одно из необходимых условий повышения формоустойчивости плюшевого трикотажа, снижение его растяжимости, может быть достигнуто введением в структуру трикотажа базового переплетения высокоориентированных в направлении растяжения элементов [1]. При этом уменьшение растяжимости трикотажа по длине и по ширине может быть достигнуто путем включения в структуру трикотажа жаккардовых и прессовых петель. Полученные образцы плюшевых полотен на базе прессового переплетения испытывались на физико-механические свойства по стандартной методике [2].

Результаты и обсуждения

Разрывная нагрузка плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения увеличивается с увеличением содержания в раппорте переплетения прессовых петель. Так, разрывная нагрузка исследуемых образцов с увеличением прессовых петель в раппорте переплетения от 7,14 до 33,3% увеличивается от 193,7 до 250 Н по длине и

от 107,6 до 157,9 Н по ширине. По сравнению с базовым образцом прочность по длине II варианта плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения увеличилась на 4,1%, III варианта – на 6,2%, IV варианта – на 8,9%, V варианта – на 14,5%, VI варианта – на 17,8%, VII варианта – на 20,1% и VIII варианта – на 34,4% (табл. 1). В качестве грунтовой нити использована п/э пряжа 18,5 текс х 1, а в качестве плюшевой нити использована ПАН 31 текс х 2 пряжа.

По ширине прочность плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения по сравнению с базовым образцом увеличилась на 9,8% – для II варианта, на 12% – для III варианта, на 20,4% – для IV варианта, на 26,9% – для V варианта, на 34,9% – для VI варианта, на 40,9% – для VII варианта и на 61,1% – для VIII варианта. Разрывное удлинение плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения с увеличением количества прессовых петель в раппорте переплетения снижается, что является хорошим показателем увеличения формоустойчивости [3].



Рис. 1

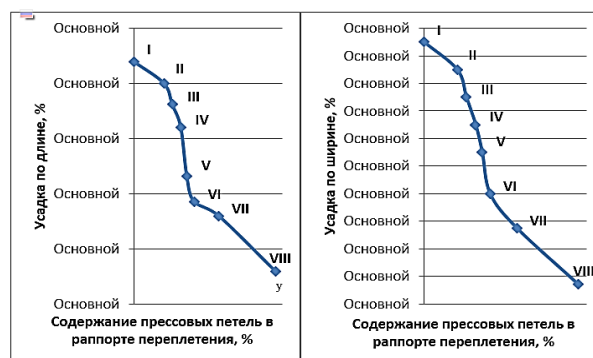
Разрывное удлинение по длине изменяется от 148 до 68% (рис. 1), т.е. уменьшается в 2,2 раза, а по ширине – изменяется от

180 до 100,9%, т.е. уменьшается на 43,9% по сравнению с базовым образцом.

Воздухопроницаемость плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения уменьшается с увеличением количества прессовых петель в раппорте переплетения от 540 до 428 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, т.е. снижается на 20,7% по сравнению с базовым образцом. Так как плюшевый трикотаж предназначен для изделий верхней одежды уменьшение воздухопроницаемости является хорошим показателем.

Усадка плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения уменьшается с увеличением количества прессовых петель в раппорте переплетения (рис. 2 – зависимость усадки по длине (а) и ширине (б) плюшевого трикотажа), что указывает на увеличение формоустойчивости предлагаемого трикотажа по сравнению с базовым

образцом при влажно-тепловых обработках [4].



а)

б)

Рис. 2

В табл. 1 представлены показатели физико-механических свойств плюшевого трикотажа.

Таблица 1

Варианты плюшевого трикотажа	Содержание прессовых петель в раппорте, %	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 $E_n, \%$		
		по длине	по ширине	по длине	по ширине		по длине	по ширине		по длине	по ширине	
I	0	186	98	148	180	540	3,2	2,4	82	80	18	20
II	7,14	193,7	107,6	109,2	143,6	507	3,0	2,2	85,4	83,8	14,6	16,2
III	9,09	197,6	109,8	103,2	136	495	2,81	2,0	87,1	85	12,9	15
IV	11,1	202,5	118	97,9	132,3	480	2,6	1,8	91,6	86,3	8,4	13,7
V	12,5	213	124,4	89,2	125,1	467	2,16	1,6	92,4	87,5	7,6	12,5
VI	14,2	219,1	132,2	85,1	118,5	450	1,93	1,3	92,9	88,9	7,1	11,1
VII	20	223,4	138,1	79,7	116,0	436	1,8	1,05	93,2	90,4	16,8	9,6
VIII	33,3	250	157,9	68	100,9	428	1,3	0,64	94,8	92	5,2	8

Необратимая деформация E_n с увеличением длины протяжек уменьшается, а доля обратимой деформации E_o увеличивается.

Анализ параметров и физико-механических показателей плюшевого трикотажа показал, что включение дополнительных элементов в структуру плюшевого трикотажа оказывает положительное влияние на его качественные показатели: увеличивает прочность и формоустойчивость [5].

В статье показано, что в результате проведенного исследования выработка плюшевого трикотажа расширяет ассортимент трикотажных полотен, а наличие прессовых набросков и удлиненных протяжек в структуре трикотажа повышает формоустойчивость полотна и уменьшает расход сырья при его выработке.

Результаты испытаний показали, что с увеличением количества прессовых петель

в раппорте переплетения плюшевого трикотажа доля обратимой деформации увеличивается как по длине (а), так и по ширине (б) (рис. 3). Это объясняется тем, что наличие в структуре плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения удлиненных прессовых петель увеличивает его сопротивляемость деформированию по длине, а наличие прессовых набросков – по ширине. Обратимая деформация образцов плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения изменяется от 82 до 94,8% по длине и от 80 до 92% по ширине, т.е. увеличивается в обоих направлениях до 15%.

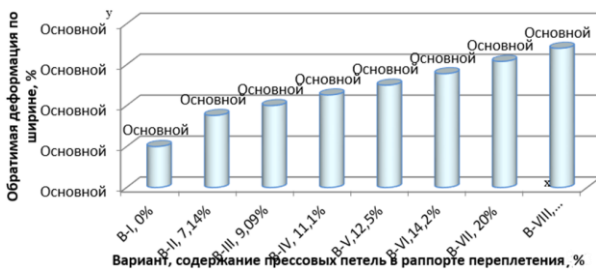
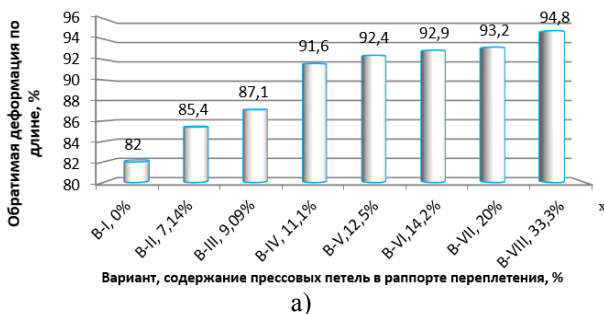


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Исследования показали, что изменение количества прессовых петель в раппорте переплетения плюшевого трикотажа оказывает влияние на физико-механические свойства и параметры трикотажа. При этом важной характеристикой трикотажного полотна является его материалоемкость, которая обусловлена поверхностной плотностью, толщиной и объемной плотностью. Здесь важным критерием материалоемкости традиционно считается поверхностная плотность полотна [6].

1. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1991. С. 365.
2. Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Сатаев М.И., Нурматова О.И., Садибек А. Влияние количества жаккардовых петель на физико-механические свойства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С.34...38.
3. Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Мырхалыков Ж.У., Нурматова О.И., Нурмаханова А.Н. Анализ технологических параметров плюшевого трикотажа на базе пресс-жаккардового переплетения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С. 38...42.
4. Махмудова Г.И. Каратаев М.С., Мырхалыков Ж. У., Нурматова О.И. Исследование влияние структуры базисного переплетения на свойства плюшевого трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С.42...45.
5. Махмудова Г.И., Байболов К.С., Каратаев М.С., Кумисбеков С.А., Кайранбеков Г.Д., Сериккулы Ж. Анализ физико-механических свойств формоустойчивого плюшевого трикотажа для верхней одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №1. С.160...166.
6. Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Кайранбеков Г.Д., Кумисбеков С.А., Сериккулы Ж., Абдикаликова Н.Б. Разработка технологий получения новых структур комбинированного трикотажа для детской одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019. №1. С. 250...254.

REFERENCES

1. Kudryavin L.A., Shalov I.I. Osnovy tekhnologii trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legprombytizdat, 1991. S. 365.
2. Makhmudova G.I., Karataev M.S., Sataev M.I., Nurmamatova O.I., Sadibek A. Vliyanie kolichestva zhakkardovykh petel' na fiziko-mekhanicheskie svoystva // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, №1. S. 34...38.
3. Makhmudova G.I., Karataev M.S., Myrkhalykov Zh.U., Nurmamatova O.I., Nurmakhanova A.N. Analiz tekhnologicheskikh parametrov plyushevogo trikotazha na baze press-zhakkardovogo perepleteniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, №1. S. 38...42.
4. Makhmudova G.I. Karataev M.S., Myrkhalykov Zh. U., Nurmamatova O.I. Issledovanie vliyanie struktury bazisnogo perepleteniya na svoystva plyushevogo trikotazha // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, №1. S. 42...45.
5. Makhmudova G.I., Baybolov K.S., Karataev M.S., Kumisbekov S.A., Kayranbekov G.D., Serikuly Zh. Analiz fiziko-mekhanicheskikh svoystv formo-

ustoychivogo plyusheвого trikotazha dlya verkhney odezhdы // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №1. S. 160...166.

6. Makhmudova G.I., Karataev M.S., Kayranbekov G.D., Kumisbekov S.A., Serikuly Zh., Abdikalikova N.B. Razrabotka tekhnologiy polucheniya novykh

struktur kombinirovannogo trikotazha dlya detskoй odezhdы // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019. №1. S. 250...254.

Поступила 26.05.22.

УДК 687.03

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_101

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОЙ ОДЕЖДЫ

ANALYSIS OF THE STRUCTURE AND PERFORMANCE PROPERTIES OF MEMBRANE MATERIALS FOR WATERPROOF CLOTHING

Д.К. ПАНКЕВИЧ, Ю.В. ХАРАПУДЬКО, В.Г. КУДРИЦКИЙ

D.K. PANKEVICH, YU.V. KHARAPUDKO, V.G. KUDRITSKIY

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь,
Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия,
Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси)

(Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus,
Kazan National Research Technology University, Russia,
Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus)

E-mail: dashapan@mail.ru; harapudko2010@yandex.ru; vladukas@mail.ru

Проведено исследование структуры, показателей водозащитных свойств и паропроницаемости комплексных мембранных материалов для водозащитной одежды. Выполнена микроскопия и порометрия материалов различных структур. Обосновано применение нового портативного прибора для определения характеристик водозащитных свойств материалов, содержащих мембрану. Определены коэффициенты водопаропроницаемости, водонепроницаемости и время сквозного промокания материалов. Установлено, что показатели пористости влияют на уровень эксплуатационных свойств объектов исследования. В частности, диаметр наиболее крупных пор влияет на максимальное выдерживаемое гидростатическое давление и скорость сквозного промокания. Выявлено, что не только распределение пор по размерам, но и их форма определяют сочетание показателей водонепроницаемости и паропроницаемости материалов с мембраной. Наиболее эффективной является структура мембранного слоя, имеющего бутылочную форму пор, с узкими устьями на поверхности и широкой внутренней частью. Именно у таких материалов отмечено сбалансированное сочетание эксплуатационных свойств. Разработаны рекомендации по применению мембранных материалов различных структур для изготовления водонепроницаемой одежды.

A study of the structure, waterproofing properties and vapor permeability of complex membrane materials for waterproof clothing has been carried out. Microscopy and pore-metering of materials of different structures were made. The use of a new portable device for determining the characteristics of water-protective properties of

materials containing a membrane is substantiated. Coefficients of water-vapor permeability, water resistance and time of through-soaking of materials have been determined. It has been established that the porosity indices influence the level of operational properties of the objects under study. In particular, the diameter of the largest pores affects the maximum hydrostatic pressure withstand and the rate of through drenching. It has been revealed that not only distribution of pores by size, but also their form determines combination of water- and vapor-permeability indices of materials with membrane. The most effective is the structure of the membrane layer, which has a bottle-shaped pores with narrow openings on the surface and a wide inner part. Such materials are characterized by a well-balanced combination of performance properties. Recommendations on the use of membrane materials of different structures for manufacturing waterproof clothes have been developed.

Ключевые слова: водонепроницаемая одежда, мембрана, эксплуатационные свойства, структура, пористость.

Keywords: waterproof clothing, membrane, performance properties, structure, porosity.

Введение

Одним из приоритетных направлений исследований в области текстильного материаловедения является создание композиционных материалов, представляющих собой объемное сочетание текстильных и пленочных мембранных слоев и обладающих уникальным сочетанием свойств: водонепроницаемостью и паропроницаемостью, прочностью, растяжимостью, тепло- и ветрозащитой. В них каждый слой в отдельности имеет свою структуру, а многофункциональность достигается как сочетанием, свойствами и количеством слоев. Эти материалы перспективны для изготовления водозащитных изделий легкой промышленности бытового, специального и спортивного назначения. Однако отсутствие систематизированных данных о влиянии структурных характеристик на свойства таких материалов создает препятствия для выпуска высококачественных продуктов с заданными свойствами и научно обоснованного выбора материалов в пакет изделий легкой промышленности. Необходимо установить, какая структура предпочтительна для получения материалов с высоким уровнем эксплуатационных свойств, каковы закономерности и связи между параметрами структуры и свойствами. Известно, что уровень важнейших показателей эксплуатационных свойств мембран-

ных материалов – водонепроницаемости и паропроницаемости – обусловлен структурой мембранного слоя [1].

Исследованием свойств мембранных материалов для одежды занимаются ученые G. Lomax, J. Williams, A. Tehrani-Bagha, A. Mukhopadhyay, V. Midha, A. Gulbinienė, И. Ш. Абдуллин, А. В. Вершинина и другие [1...11]. Анализ работ позволяет сделать вывод, что влияние структуры материалов на их проницаемость существенно, но публикаций, посвященных комплексному исследованию сразу нескольких показателей проницаемости и глубокому изучению структуры мембранных материалов, мало. Взаимосвязь и взаимообусловленность свойств присущи материалам легкой промышленности, для них характерны сложные многопараметрические зависимости и влияние отдельных факторов, представленных различными величинами, проявляется совместно [12]. В связи с этим актуальной задачей материаловедения швейного производства является выявление и систематизация таких зависимостей для определения наиболее перспективной для одежды конкретного назначения структуры материала.

Цель работы – сравнение эксплуатационных свойств и разработка рекомендаций по применению мембранных материалов

различных структур для изготовления водонепроницаемой одежды.

Объекты испытаний

Исследовали мембранные материалы для водозащитной одежды, состоящие из двух слоев – текстильной тканой основы и полимерной мембраны производства фирм Ultrex, Hipora, Mikwangfinetex, Моготекс, которые используются швейными предприятиями РБ в качестве материалов верха водонепроницаемой одежды. Характеристика образцов представлена в табл. 1. Материалы получены различными способами:

- соединение основы и готовой пористой либо монолитной мембраны посред-

ством клея, температуры и давления, называемое иначе ламинирование ("laminated" в англоязычной литературе);

- нанесение с помощью ракля вспененного гидрофобного полимера на текстильную основу с последующей сушкой и охлаждением (англ. "membrane coating").

Гидрофобность и гидрофильность мембран установлены по результатам исследования водопоглощения полимерных слоев, отделенных от текстильной основы, за исключением образца №5, полимерный слой которого невозможно отделить от основы, а состав и свойства покрытия известны по данным производителя ОАО "Моготекс", РБ.

Т а б л и ц а 1

Номер / артикул образца	Характеристика структуры
1 / 55OR-p Mikwangfinetex	Технология получения – ламинирование (laminated). Лицевой слой – ткань комбинированного (сочетание крепового переплетения и саржи) переплетения; изнаночный слой – полимерная пористая пленка черного цвета (гидрофильная). Ткань и пленка соединены между собой вспененным полимером белого цвета (гидрофобный). Толщина образца 0,18 мм, поверхностная плотность 139 г/м ²
2 / EI-2PU Hipora	Технология получения – ламинирование (laminated). Лицевой слой – прозрачная полимерная пленка (гидрофильная), изнаночный слой – ткань саржевого переплетения с цветной сновкой, образующей рисунок "клетка". Толщина образца 0,24 мм, поверхностная плотность 172 г/м ²
3 / 2L-F Ultrex	Технология получения – ламинирование (laminated). Лицевой слой – ткань мелкоузорчатого переплетения, изнаночный слой – полимерная пленка белого цвета (гидрофобная). Толщина образца 0,18 мм, поверхностная плотность 160 г/м ²
4 / 40TSi Ultrex	Технология получения – ламинирование (laminated). Лицевой слой – ткань мелкоузорчатого переплетения, изнаночный слой – полимерная пленка белого цвета (гидрофильная). Толщина образца 0,25 мм, поверхностная плотность 128 г/м ²
5 / 06C17-кв ПУМ Моготекс	Технология получения – покрытие (coating). Лицевой слой – ткань полотняного переплетения, изнаночный слой – полимерное покрытие (гидрофобное). Толщина образца 0,24 мм, поверхностная плотность 158 г/м ²

Методы

Исследование структуры образцов проведено на растровом электронном микроскопе VEGA II LSH (TESCAN, Чехия) в Белорусском республиканском центре зондовой микроскопии Института механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель, РБ. Технические характеристики микроскопа: максимальное разрешение 3 нм, увеличение ×4–1000000, максимальный размер кадра 4096×4096 пикселей.

На рис. 1, 2, 3 и 4 представлены изображения, полученные методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Слева

показана поверхность полимерного мембранного слоя, справа – поперечный срез композита, увеличение составляет от 450 до 4500 крат. Наиболее интересна структура образца №1. Поверхность комбинированного мембранного слоя покрыта микрочастицами пористой органоглины, внедренной в монолитный гидрофильный слой толщиной около 15 мкм. Устья пор органоглины размером менее 1 мкм сливаются в протяженные разветвленные трещины, пронизывающие всю микрочастицу, средний размер которой около 10 мкм, поэтому установить диаметр устьев пор затруднительно.

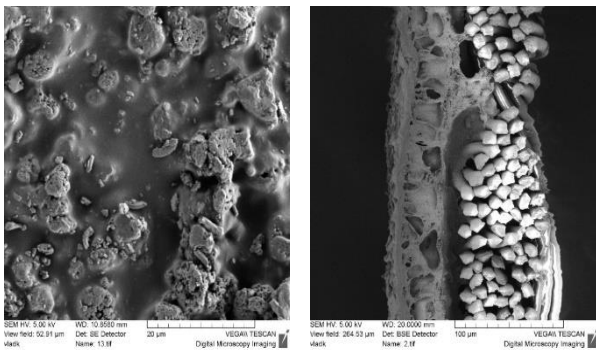


Рис. 1

Пористая структура гидрофобной части мембраны толщиной от 50 до 70 мкм чрезвычайно развита, крупные поры размером от 20 до 30 мкм имеют стенки, пронизанные сетью мелких пор диаметром менее 1 мкм, визуализируются очень крупные полости на границе мембрана-текстиль. (рис. 1 – поверхность ($\times 4500$) и поперечный срез ($\times 900$) образца №1 с комбинированной мембраной).

Иная структура мембранного слоя наблюдается у образца №2 с гидрофильной мембраной (рис.2 – поверхность ($\times 4500$) и поперечный срез ($\times 1800$) образца №2 с гидрофильной мембраной). Устья пор на поверхности полимерного мембранного слоя не визуализируются, а значит либо составляют менее 1 мкм, либо отсутствуют. На изображении поперечного среза мембраны заметны очень узкие каналы, сосредоточенные в области гребней мультифиламентных нитей текстильной основы (скорее, не поры, а нарушение сплошности непористой мембраны). Толщина мембранного слоя составляет от 10 до 20 мкм.

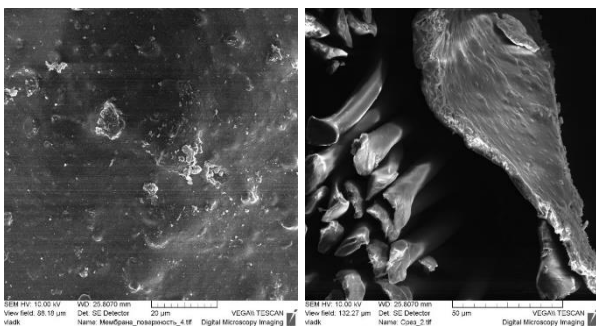


Рис. 2

Образец №3 с гидрофобной мембраной имеет следующий характер пористой

структуры мембранного слоя (рис.3 – поверхность ($\times 4500$) и поперечный срез ($\times 4500$) образца №3 с гидрофобной мембраной): поверхность мембраны равномерно покрыта сетью устьев пор, большинство которых имеет диаметр устья менее 1 мкм. На изображении среза видно, что крупные поры конической формы с диаметром около 10 мкм у основания сосредоточены в центре мембраны и не прилегают к текстильному слою (слева), стенки этих пор покрыты сетью более мелких пор. Общая толщина пористого мембранного слоя составляет от 40 до 60 мкм.

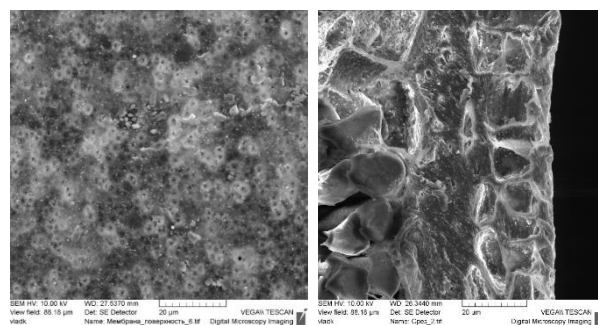


Рис. 3

Похожая структура и у образца №4, отличием является меньшая толщина мембраны (от 30 до 40 мкм) и цилиндрическая, а не конусная форма крупных пор. Диаметр устьев пор на поверхности мембраны образца №4 составляет от 1 до 3 мкм.

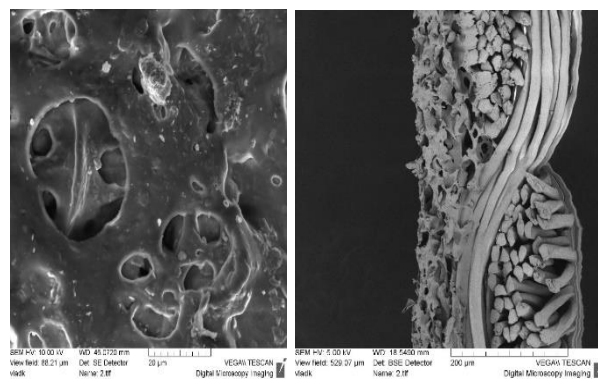


Рис. 4

Образец №5 не имеет развитой структуры мелких пор в мембранном слое. На поверхности видны устья пор размером от 10 до 30 мкм. Пористый мембранный слой грубый, толщиной около 80 мкм, размеры

пор сопоставимы с размерами филаментов нитей текстильного слоя (рис.4 – поверхность ($\times 4500$) и поперечный срез ($\times 450$) образца №5 с грубой структурой пористого мембранного слоя).

Изучение поровой структуры образцов материалов продолжено методом сканирующего давления с использованием газожидкостного порометра POROLUX™100 в лаборатории порометрии ФГБОУ ВО "Казанский национальный исследовательский технологический университет", г. Казань, РФ.

Данный метод является быстрым и позволяет получать результаты с очень хоро-

шей воспроизводимостью. Перед исследованием образец предварительно смачивается специальной жидкостью "Porofil" (перфторэфир с поверхностным натяжением 16 мН/м). Программное обеспечение порометра позволяет получить данные о диаметре наибольшей, средней и наименьшей сквозной поры, распределении пор по размеру, частоте встречаемости пор определенного размера. Результаты исследования характеристики пористости представлены в табл. 2, в табл. 3 показаны результаты анализа кривых распределения пор по размерам.

Т а б л и ц а 2

Номер образца	Размер маленькой поры, мкм	Размер средней поры, мкм	Размер большой поры, мкм	Поток для точки пузырька (л/мин)
1	0,49	1,07	1,09	0,015
2	0,08	0,80	0,87	0,005
3	0,10	0,95	1,22	0,005
4	2,50	9,18	11,21	0,005
5	-	-	16,20	0,557

Т а б л и ц а 3

Номер образца	Разброс размеров подавляющего большинства пор, мкм (результат анализа дифференциальной кривой)	Диапазон распределения пор по размерам, мкм (результат анализа корректирующей дифференциальной кривой)	Диапазон диаметров пор, вносящих наибольший вклад в массоперенос, мкм (результат анализа интегральной кривой)
1	0,07...1,40	0,08...1,09	0,60...0,80
2	0,08...1,00	0,07...1,00	0,10...0,20
3	0,07...1,20	0,07...1,18	0,60...0,95
4	0,08...2,50	0,06...3,00	1,60...2,00
5	0,12...16,20	0,13-2,29	13,00...16,20

Исследование эксплуатационных свойств образцов материалов проведено в лаборатории испытательного центра УО "ВГТУ", г. Витебск, РБ. Характеристики водозащитных свойств материалов определяли с помощью нового портативного прибора (Патент РБ № 12855), запатентованного коллективом авторов УО "ВГТУ".

Проводили исследование максимального выдерживаемого гидростатического давления (водонепроницаемости) и интенсивности промокания мембранных материалов для одежды. Водонепроницаемость определяли по ГОСТ 413-91, метод Б1, при постоянной скорости нарастания давления 10 000 Па в минуту, подавая воду на лицевую сторону материала, экспонируемая площадь образца составила 7,5 см².

Интенсивность промокания исследовали следующим образом. В электрическую цепь прибора подключали параллельно источник тока с напряжением 10 В и цифровой мультиметр АРРА-207 с программным обеспечением, которое автоматически регистрирует силу тока каждые 0,5 секунды с точностью 0,004 мА. Повышали давление до 100 000 Па со скоростью 10 000 Па/мин, если в течение одной минуты не регистрировали силу тока более 0,004 мА, то повышали давление на 20 000 Па. Дискретное повышение давления прекращали, когда наблюдали изменение силы тока свыше 0,004 мА, расценивая это как начало промокания образца.

До проведения испытания проводили "холостой" опыт без образца исследуемого

материала, регистрируя силу тока, возникающего в системе при соприкосновении датчика с водой. Датчиком воды служит металлизированная пластина, покрывающая всю площадь крышки прибора, соответствующую экспонируемой площади образца. После "холостого" опыта рассчитывали силу тока, при которой испытание на интенсивность промокания следует считать завершенным (половина полученного при "холостом" опыте значения). Многократные эксперименты показали, что именно при таком соотношении на изнаночной стороне образца появляются первые признаки сквозного промокания. В эксперименте испытание прекращали при силе тока 0,25 мА, поскольку сила тока в "холостом" опыте составила 0,5 мА.

За результат испытания принимали время, прошедшее от начала промокания до первых признаков сквозного промокания, и

давление, при котором наблюдали промокание материала.

Паропроницаемость материалов исследовали по методике, изложенной в ГОСТ Р 57514-2017 "Ткани с резиновым или полимерным покрытием для водонепроницаемой одежды. Технические условия". Установленные стандартом климатические условия моделировали в климатической камере УТН-408-40-1Р (Tuantao, Китай). Рассчитывали показатель водопаропроницаемости (WVP) по результатам взвешивания на лабораторных электронных весах РА 214 С (OHAUS Corporation, США) стаканчиков с водой, закрытых исследуемыми образцами, с интервалом времени 6 часов.

Результаты и обсуждения

Исследуемый показатель водопаропроницаемости должен составлять не менее 360 г/(м²·24 ч). Результаты испытаний эксплуатационных свойств – в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Номер образца	Максимальное выдерживаемое гидростатическое давление (водонепроницаемость), Па	Время сквозного промокания, мин	Коэффициент водопаропроницаемости, г/(м ² ·24ч)
1	120 000	27	1550
2	400 000	57	382
3	200 000	52	860
4	160 000	51	900
5	10 000	0,1	5100

Как видно по результатам эксперимента, все образцы исследуемых водонепроницаемых материалов соответствуют требованиям ГОСТ Р 57514-2017 по показателю водопаропроницаемости. Этот стандарт устанавливает требования к материалам, проницаемым и непроницаемым для водяного пара, подходящим для использования в конструировании водонепроницаемой одежды (но не специальной защитной одежды). По стандарту уровень водонепроницаемости материалов для водонепроницаемой одежды, определенный по ГОСТ 413-91, должен составлять как минимум 14 710 Па. Все исследуемые материалы, кроме образца №5, соответствуют указанному требованию.

Сравнение данных о потребительских свойствах материалов и структуре показало, что самым низким, но все же допусти-

мым уровнем водопаропроницаемости, характеризуется образец №2, в структуре которого обнаружены самые узкие поры, размер которых не превышает 1 мкм. У этого образца и самый высокий уровень водонепроницаемости. Он способен выдерживать очень жесткие эксплуатационные условия достаточно длительное время и подходит для применения в качестве материала верха штормовок, экипировки туристов и подобных изделий [3], [10].

Образец №5 обладает самым низким уровнем водонепроницаемости и одновременно самым высоким показателем паропроницаемости, в структуре этого материала обнаружены самые крупные поры с наиболее широким разбросом диаметров сквозных пор. Фактически он способен выдерживать невысокое гидростатическое давление в течение нескольких секунд и не

является водонепроницаемым, не соответствует минимально допустимой норме по ГОСТ Р 57514-2017. Однако он хорошо проводит парообразную влагу и может быть рекомендован для изготовления одежды, эксплуатируемой в условиях высокой влажности воздуха, морозящего дождя, тумана [11].

Образцы материалов №1, №3 и №4 проявляют наиболее удачное сочетание эксплуатационных свойств. Уровень их паропроницаемости достаточно высок и превышает стандартную норму. При этом водонепроницаемость указанных материалов такова, что они способны выдерживать гидростатическое давление на порядок выше нормированного значения в течение десятков минут. Структура образцов №1, №3 и №4 различна, но общим является малый диапазон распределения сквозных пор по размерам и наличие крупных пор внутри мембраны. Причем в образце №1 такая "бутылочная" форма пор (с узким устьем и широким основанием) организована за счет комбинации пористого и монолитного, модифицированного пористыми микрочастицами, слоев мембраны. А в образцах №3 и №4 анизотропия структуры пористого мембранного слоя достигается параметрами процесса производства.

ВЫВОДЫ

Проведенное комплексное исследование структуры и эксплуатационных свойств мембранных материалов показало, что чем больше размеры сквозных пор и чем шире диапазон распределения пор по размерам, тем ниже уровень водонепроницаемости, меньше время сквозного промокания и выше значения показателя паропроницаемости мембранного материала. Сбалансированным сочетанием эксплуатационных свойств обладают материалы с анизотропной поровой структурой мембраны, в которой крупные поры расположены в центре мембранного слоя, но имеют мелкопористые стенки и выходящие на поверхность устья малых размеров. По уровню эксплуатационных свойств эти матери-

алы подходят для изготовления широкого ассортимента водозащитной одежды различного назначения – от бытовой демисезонной одежды до спортивной водозащитной экипировки, включая экстремальные виды активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буркин А.Н., Панкевич Д.К. Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов. – Витебск: ВГТУ, 2020.
2. Lomax G.R. Breathable polyurethane membranes for textile and related industries // Journal of Materials Chemistry. – 2007, № 17. P. 2775...2784.
3. Williams J. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing. Elsevier – Woodhead Publishing Ltd, 2018.
4. Tehrani-Bagha A.R. Waterproof breathable layers - A review // Adv Colloid Interface Sci. – 2019, № 268. P. 114...135.
5. Mukhopadhyay A., Midha V. A Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics // Journal of Industrial Textiles. – 2008, № 37. P. 225...262.
6. Gulbinienė A., Jankauskaitė V., Pacevičienė V., Mickus K.V. Investigation of Water Vapour Resorption/Desorption of Textile Laminates Materials Science (Medžiagotyra). – 2007, № 13 (3). P. 255...261.
7. Абдуллин И.Ш. Современные ткани с мембранным покрытием // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2014, № 12. С. 37...41.
8. Вершинина А.В., Курсанова Е.А., Павлов М.А. Оценка кинетики температуры и влажности в пододежном пространстве многослойной детской одежды // Дизайн и технологии. – 2017, № 62 (104). С. 67...74.
9. Барнягина О.В., Мухаматдинова Р.Э., Пухачева Э.Н., Матвеева В.Ю. Селективно-проницаемые мембраны с высоким уровнем паропроницаемости и защитных свойств // Вестник технолог. ун-та. – 2017. Т.20, № 21. С 28...31.
10. Karthik T., Senthilkumar P., Murugan R. Analysis of comfort and moisture management properties of polyester/milkweed blended plated knitted fabrics for active wear applications // J. Ind. Text. – 2018, №47. P. 897...920.
11. Sabir E.C., Kadem, F.D. Comfort and performance properties of raised and laminated denim fabrics. Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2016, №5(119). P. 88...94.
12. Шустов Ю. С. Современные текстильные материалы технического и специального назначения. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2020.

REFERENCES

1. Burkin A.N., Pankevich D.K. Gigienicheskie svoystva membrannykh tekstil'nykh materialov. – Vitebsk: VGTU, 2020.
2. Lomax G.R. Breathable polyurethane membranes for textile and related industries // *Journal of Materials Chemistry*. – 2007, № 17. P. 2775...2784.
3. Williams J. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing. Elsevier – Woodhead Publishing Ltd, 2018.
4. Tehrani-Bagha A.R. Waterproof breathable layers - A review // *Adv Colloid Interface Sci*. – 2019, № 268. P. 114...135.
5. Mukhopadhyay A., Midha V. A Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics // *Journal of Industrial Textiles*. – 2008, №37. P. 225...262.
6. Gulbinienė A., Jankauskaitė V., Pacevičienė V., Mickus K.V. Investigation of Water Vapour Resorption// Desorption of Textile Laminates Materials Science (Medžiagotyra). – 2007, № 13 (3). P. 255...261.
7. Abdullin I.Sh. Sovremennye tkani s membranym pokrytiem // *Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta*. – 2014, № 12. S. 37...41.
8. Vershinina A.V., Kirsanova E.A., Pavlov M.A. Otsenka kinetiki temperatury i vlazhnosti v pododezhnom prostranstve mnogoslonoynoy detskoy odezhdy // *Dizayn i tekhnologii*. – 2017, № 62 (104). S. 67...74.
9. Barnyagina O.V., Mukhamatdinova R.E., Pukhacheva E.N., Matveeva V.Yu. Selektivno-pronitsaemye membrany s vysokim urovnem paro-pronitsaemosti i zashchitnykh svoystv // *Vestnik tekhnolog. un-ta*. – 2017. T.20, № 21. S 28...31.
10. Karthik T., Senthilkumar P., Murugan R. Analysis of comfort and moisture management properties of polyester/milkweed blended plated knitted fabrics for active wear applications // *J. Ind. Text.* – 2018, №47. P. 897...920.
11. Sabir E.C., Kadem, F.D. Comfort and performance properties of raised and laminated denim fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. – 2016, №5(119). P. 88...94.
12. Shustov Yu. S. Sovremennye tekstil'nye materialy tekhnicheskogo i spetsial'nogo naznacheniya. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2020.

Рекомендована кафедрой технического регулирования и товароведения ВГТУ. Поступила 19.05.22.

УДК 677.021

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_109

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СТАНКА СМТ-500
ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НОВЫХ СОРТОВ ЛЬНА**

**IMPROVING THE DESIGN OF SMT-500 MACHINE
FOR QUALITY CONTROL OF NEW FLAX STRAINS**

С.Н. ТОПАЛ, А.В. ОРЛОВ, Е.Л. ПАШИН

S.N. TOPAL, A.V. ORLOV, E.L. PASHIN

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

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

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

В статье представлены результаты экспериментального исследования по совершенствованию конструкции лабораторного станка СМТ-500 для оценки технологического качества новых сортов льна-долгунца при проведении государственного сортоиспытания. Выявлены отличия поведения пряжей в активной зоне обработки посредством трепания станка в сравнении с условиями, имеющими место в трепальной машине агрегата МТА-2Л. Установлены различия в долях наклоненных в поле трепания пряжей от их общей массы, обусловленные разницей длины трепальных барабанов. При наличии в СМТ более коротких барабанов эта доля значительно больше, что ухудшает процесс получения волокна. Для исключения данного недостатка в конструкции станка предложено применить узел для параллелизации пряжей в процессе вращения барабанов. Предложена оригинальная методика оценки угла наклона пряжей на основе фиксации следов их соприкосновения с планками подбильных решеток барабанов. С ее применением и посредством дисперсионного анализа установлено, что наряду с факторами вылежки тресты, частоты вращения трепальных барабанов и зоной по длине стеблей, доминирующее влияние на снижение наклона пряжей оказывает использование нового узла для параллелизации пряжей. Трепальные барабаны станка СМТ-500, снабженные таким узлом, обеспечивают снижение углов наклона пряжей в зоне трепания с 30...50 до 10...15 градусов.

The article under review presents the results of the experiment aimed at improving the design of SMT-500 machine, used for technological quality control of new flax strains during strain approval process. As demonstrated, there exists difference

in flax strand behavior during scutching process between SMT-500 and MTA-2L, which is commonly used in production environment. The difference in amounts of slanted strands within the scutching area is caused by the difference in length of scutching drums of the respective machines. Due to SMT-500 having a shorter drum, the amount of slanted strands is noticeably larger, which worsens the fiber extraction conditions. To fix this flaw in SMT-500 design it is suggested to add a working part that will parallelize the strands during scutching. The degree of slanting was determined by means of using an original method based on marking the grids of the scutching drums. By using dispersion analysis, it was determined that this modification has a significant impact on the degree of stranding, more so than the quality of retched flax, rotation speed of the scutching drums or the processed part of the flax stalks. As such, introducing this new working part results in reducing of the strand slanting angle from 30-50 degrees down to 10-15 degrees.

Ключевые слова: трепание, треста, лен, прядь, угол наклона, поле трепания, воздушный поток, модернизация конструкции барабана.

Keywords: scutching, retched flax, flax, strand, slanting, scutching area, air flow, design improvement.

Одним из решений проблемы улучшения метода оценки технологической ценности волокна в новых сортах льна на этапе их государственного сортоиспытания является замена промышленного агрегата МТА-2Л для получения трепаного волокна на лабораторный станок СМТ-500, применяемый при стандартном контроле качества льнотресты [1]. Это может обеспечить снижение затрат на проведение испытаний и возможность оперативного выявления оптимальных режимов переработки льна, поступающего от региональных сортоучастков РФ. По действующей методике для испытания поступает недостаточная масса стеблей (до 8 кг), что не позволяет выявить оптимальные условия переработки на промышленном агрегате МТА-2Л [2]. Причиной тому является наличие в его составе нескольких машин, каждая из которых имеет ряд регулируемых параметров конструкции и режимов работы [3]. Поэтому переработку стеблей проводят с отклонением от требований существующей методики [4], что ведет к формированию ошибочных результатов.

Указанная замена оборудования возможна при достижении сходства технологических воздействий в сравниваемых машинах при получении длинного волокна, прежде всего посредством трепания.

Из анализа конструкций станка СМТ и МТА-2Л следуют отличия, связанные с разной длиной трепальных барабанов. В трепальной машине агрегата МТА-2Л длина барабанов составляет около 3 м, а у станка СМТ – 0,5 м [5]. Такая разница может приводить к изменению характера перемещения воздушных потоков вдоль зоны трепания. По ее длине скорость перемещения воздуха различна, вблизи торцов барабанов она наибольшая и направлена к середине зоны трепания. Поэтому такие особенности перемещения воздушных потоков существенно влияют на положение прядей льна в активной зоне обработки [6...8].

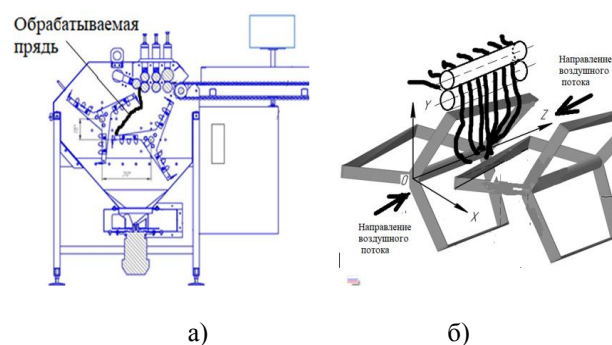


Рис.1

Повышенные скорости перемещения воздуха вызывают у обрабатываемых прядей наклон. Указанное явление применительно к конструкции станка СМТ

схематично представлено на рис. 1 (технологическая схема станка СМТ (а) и наклон прядей в зоне трепания (б)).

Однако доля длины поля трепания у торцов барабанов сравниваемых машин различна. В станке СМТ она значительно выше, что исключает сходство с обработкой, осуществляемой в трепальной машине агрегата МТА-2Л.

По расчетам при моделировании процесса поведения прядей в поле трепания [9] их наклон в зоне торцов барабанов может достигать 25...40 градусов. Выявленная зависимость этого наклона от длины волокна вызывает перекрещивание неоднородных прядей, их сгуживание и перераспределение сил их натяжения [10]. В конечном итоге это снижает выход длинного волокна и ухудшает процесс его обескостривания.

Эти обстоятельства потребовали экспериментальной проверки наличия указанных негативных явлений и разработки технических решений по модернизации конструкции станка СМТ.

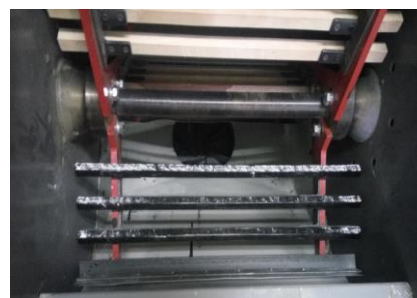
На начальном этапе исследования провели эксперименты по выявлению упомянутых наклонов прядей. Использовали льняную стланцевую тресту, которая была получена в 2018 году на опытном поле Костромской сельскохозяйственной академии с использованием комбайновой технологии уборки и оборачиванием лент. Из общей массы стеблей тресты в лабораторных условиях по ГОСТ Р 53143–2008 формировали пробы массой 100 г для обработки на станке СМТ-500.

Выявление наклона прядей провели, используя оригинальную методику – по следам соприкосновения прядей с планками подбильной решетки. Полагали, что в процессе трепания обрабатываемые пряжи, соприкасаясь с планками решеток, имеющих черный цвет, будут удалять с них предварительно нанесенный мел белого цвета. Вследствие этого планки в местах соприкосновения с пряжами льна будут освобождаться от мела и приобретать черный цвет. По особенностям изменения характера истирания мела с рабочих поверхностей планок предложено судить об угловых смещениях прядей.

Предварительно проведенный эксперимент подтвердил возможность использования указанной методики. В процессе трепания на планках подбильной решетки с предварительно нанесенным мелом оставались следы от соприкосновения с пряжами (рис. 2 – подбильная решетка трепальных барабанов с нанесенным на планки мелом: а) – до обработки; б) – после обработки). Фиксирование углов наклона прядей проводили после прекращения вращения барабанов путем замера границ истирания посредством линейки и транспортира. Оказалось, что наклон прядей может достигать 50 градусов.



а)



б)

Рис. 2

Установленный факт наклона прядей потребовал модернизации конструкции трепальных барабанов. С этой целью предложили использовать специальный съемный узел из совокупности консольно закрепленных у оси барабанов и перпендикулярно ей пальцев, согласно схеме, указанной на рис. 3 (съемный узел барабанов для параллелизации прядей). Использование такого решения должно обеспечивать параллелизацию прядей в процессе их

перемещения к подбильной решетке в поле трепания.



Рис. 3

При планировании эксперимента для оценки эффективности предложенного узла с учетом [11] приняли, что скорость воздушных потоков, а значит и величина углов наклона прядей, будет зависеть от частоты вращения барабанов, степени вылежки тресты и зоны по длине стебля. Поэтому изучение влияния этих факторов осуществили наряду с оценкой степени влияния конструкции барабана (типовой

вариант и с узлом для параллелизации прядей). Таким образом, провели двухуровневый четырехфакторный эксперимент, при котором в качестве факторов использовали: 1 – вылежка тресты; 2 – вариант конструкции барабана; 3 – частота вращения барабанов; 4 – зона по длине стебля (комли или вершина). Использовали тресту разной степени вылежки (недолежалую и нормальной вылежки). Наклон прядей контролировали для вершиночных и комлевых участков стеблей. Обработку осуществили при частоте вращения барабанов 200 и 300 об/мин.

Статистическую обработку опытных данных провели посредством дисперсионного анализа, позволяющего оценить степень влияния и характер изменения исследуемых факторов на величину угла наклона прядей. Оценку статистической значимости влияния факторов осуществили при уровне значимости 0,05. Ее результаты представлены в табл. 1 (р-оценки исследуемых факторов и их значимых взаимодействий).

Т а б л и ц а 1

Исследуемые факторы и их взаимодействия	р-оценки значимости
Ф1 – вылежка тресты	0,0313
Ф2 – вариант конструкции барабана	0,0001
Ф3 – частота вращения барабанов	0,1493
Ф4 – зона по длине стебля	0,6743
Ф1хФ3	0,0064
Ф1хФ2хФ3	0,0032

Анализ данных позволил считать фактор "вариант исполнения барабана" (типовой и с узлом для параллелизации прядей) наиболее значимым по степени влияния на угол наклона прядей (р-оценка $\ll 0,05$). Следующим статистически значимым по величине влияния является фактор вылежки тресты (р-оценка = 0,031). Влияние частоты вращения барабанов значимо проявляется только во взаимодействии со степенью вылежки тресты и варианта конструкции барабана (р-оценка = 0,003). Зона

стебля (вершина или комель) статистически значимого влияния на угол наклона прядей не оказывает.

Характер изменения углов обхвата в зависимости от уровней исследуемых факторов иллюстрирован на рис. 4. Из него следует подтверждение существенного снижения угла отклонения прядей вследствие использования предложенного узла для их параллелизации. Наблюдается уменьшение углов с 30...50 до 10...19 градусов. Влияния других факторов менее значительно.

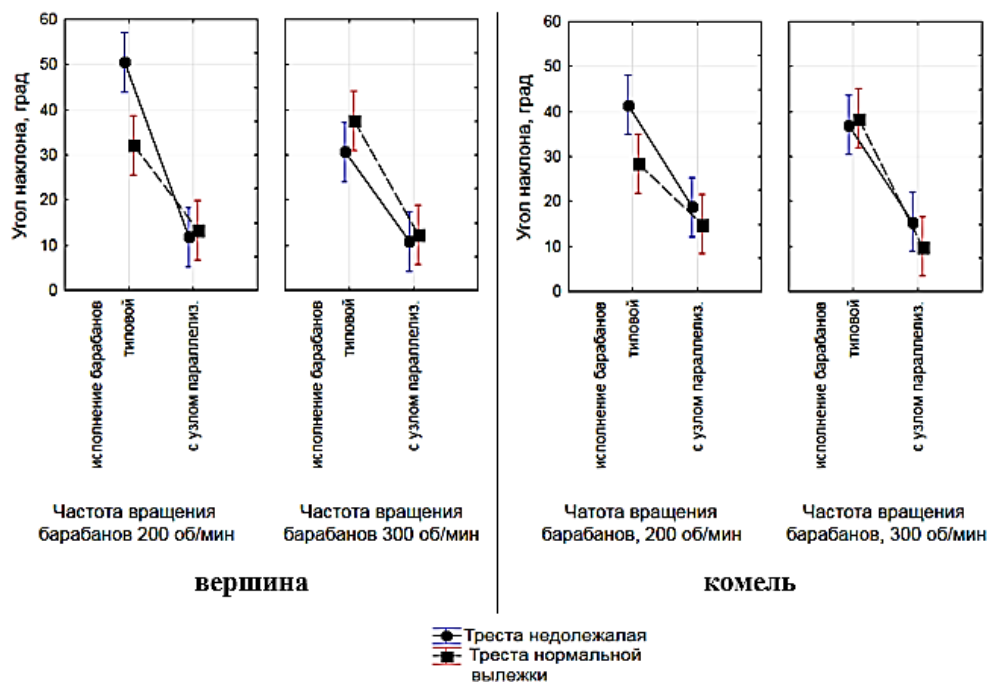


Рис. 4

ВЫВОДЫ

1. По существующей методике государственного сортоиспытания новых сортов льна оценка технологической ценности волокна требует переработки стеблей тресты на промышленном оборудовании. Однако при ограниченной массе поступающих от сортоучастков стеблей требование по выявлению оптимальных параметров его работы трудновыполнимо, что ведет к формированию ошибочных результатов при испытаниях.

2. Предлагаемая замена промышленного оборудования (МТА-2Л) на лабораторный станок СМТ-500, применяемый по ГОСТ Р 53143–2008, возможна при достижении сходства технологических воздействий на этих машинах.

3. Разные значения длин трепальных барабанов у сравниваемых машин вызывают различия долей обрабатываемых прядей с образующимся у них наклоном в поле трепания из-за перемещения воздушных масс. У станка СМТ-500 доля таких прядей больше, что требует совершенствования его конструкции.

4. Предложенный узел для трепальных барабанов станка с целью параллелизации прядей при их перемещении в поле

трепания позволяет снизить в сравнении с существующей конструкцией наклон прядей с 30...50 до 10...15 градусов вне зависимости от влияния степени вылежки тресты, частоты вращения барабанов и зоны по длине стеблей.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 53143–2008. Треста льняная. Требования при заготовках: национальный стандарт РФ: дата введения 2010-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2010.
- Городов В.В., Лазарева С.Е., Лунев И.Я. и др. Испытание лубоволокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1969.
- Справочник по заводской первичной обработке льна / Под ред. В.Н. Храмова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
- Изменения и дополнения к методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (методические указания). – Госкомиссия по сортоиспытанию: М., 1989.
- Новиков Э.В., Мальцев Р.В., Опарин Б.В. Сравнительная оценка лабораторных мяльно-трепальных станков СМТ-200М и СМТ-500 // Достижения науки и техники АПК. – 2009, № 5. С. 55...56.
- Кузьминский А.Б. Теоретические основы процесса трепания лубяных волокон. – М.-Л.: Легпромиздат, 1940.
- Суслов Н.Н. Исследование воздушных потоков в зоне трепания льнотрепальных машин двустороннего действия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1958, № 3. С. 47...62.

8. Орлов А.В., Пашин Е.Л. Оценка влияния воздушных потоков на перемещения прядей сырца разной длины и массы в продольной плоскости зоны трепания льна // Вестник Костромского гос. ун-та. – 2016, № 1 (36). С. 3...6.

9. Орлов А.В. Совершенствование процесса трепания льна барабанами с винтовым расположением бил: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома, 2016.

10. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л. Развитие теории процесса трепания льна. – Кострома: КГТУ, 2004.

11. Дьячков В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон. – Кострома, КГТУ, 2009.

REFERENCES

1. GOST R 53143–2008. Tresta l'nyanaya. Trebovaniya pri zagotovkakh: natsional'nyy standart RF: data vvedeniya 2010-01-01 / Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu. – Izd. ofitsial'noe. – M.: Standartinform, 2010.

2. Gorodov V.V., Lazareva S.E., Lunev I.Ya. i dr. Ispytanie lubovolknistykh materialov. – M.: Legkaya industriya, 1969.

3. Spravochnik po zavodskoy pervichnoy obrabotke l'na / Pod red. V.N. Khramtsova. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984.

4. Izmeneniya i dopolneniya k metodike Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh

kul'tur (metodicheskie ukazaniya). – Goskomissiya po sortoispytaniyu: M., 1989.

5. Novikov E.V., Mal'tsev R.V., Oparin B.V. Sravnitel'naya otsenka laboratornykh myal'notrepal'nykh stankov SMT-200M i SMT-500 // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2009, № 5. S. 55...56.

6. Kuz'minskiy A.B. Teoreticheskie osnovy protsessa trepaniya lubyanykh volokon. – M.-L.: Legpromizdat, 1940.

7. Suslov H.H. Issledovanie vozdushnykh potokov v zone trepaniya l'notrepal'nykh mashin dvustoronnego deystviya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1958, № 3. S. 47...62.

8. Orlov A.V., Pashin E.L. Otsenka vliyaniya vozdushnykh potokov na peremeshcheniya pryadey syrtsa raznoy dliny i massy v prodol'noy ploskosti zony trepaniya l'na // Vestnik Kostromskogo gos. un-ta. – 2016, № 1 (36). S. 3...6.

9. Orlov A.V. Sovershenstvovanie protsessa trepaniya l'na barabanami s vintovym raspolozheniem bil: Dis.... kand. tekhn. nauk. – Kostroma, 2016.

10. Lapshin A.B., Pashin E.L. Razvitie teorii protsessa trepaniya l'na. – Kostroma: KGTU, 2004.

11. D'yachkov V.A. Teoreticheskie osnovy tekhnologii proizvodstva lubyanykh volokon. – Kostroma, KGTU, 2009.

Рекомендована кафедрой технических систем в АПК Костромской ГСХА. Поступила 31.03.22.

УДК 631.362.621.3

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_114

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСОРТИРОВАНИЯ ХЛОПКА-СЫРЦА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЛОКНА

INFLUENCE OF ELECTRIC SORTING OF RAW COTTON ON QUALITATIVE INDICATORS OF FIBER

А. ЮСУБАЛИЕВ

A. YUSUBALIEV

(Институт энергетических проблем Академии наук Республики Узбекистан)

(Institute of Energy Problems of the AS RUz of the Republic of Uzbekistan)

E-mail: ashir-el@mail.ru

В статье приведен краткий анализ состояния первичной обработки хлопка-сырца, вскрыты недостатки, приводящие к снижению качества хлопкового волокна. Обоснована необходимость внедрения новой технологии сортирования хлопковых лутучек по степени зрелости их волокна в электрическом поле разнополярных электродов. Описаны устройство электротехнологического сортировщика хлопка-сырца и методика проведения экспериментальных исследований. Приведены некоторые результаты

исследований по сортированию летучек хлопка-сырца в электрическом устройстве. Установлено снижение массы одной летучки по фракциям и промышленным сортам хлопка-сырца. Предварительная сортировка летучек по зрелости волокна в электрическом поле позволит разработать новую систему первичной переработки хлопка-сырца, значительно улучшающей качество выпускаемой продукции хлопково-текстильных кластеров.

The article presents a quick review of the state of raw cotton primary processing, revealing the flaws that contribute to a reduction in cotton fiber quality. The necessity of introducing new technologies in the electric field of bipolar electrodes from sorted cotton bats according to the degree of maturity of their fibers has been confirmed. The experimental research technique and the device of the electro-technological sorter are detailed. The findings of some research into sifting raw cotton volatiles using an electric device are reported. It has been proven that fractions and industrial forms of raw cotton reduce the weight of one volatiles. Preliminary sorting of volatiles in an electric field by fiber maturity will enable the development of a new system for primary processing of raw cotton, considerably improving the quality of cotton-textile cluster products.

Ключевые слова: кластер, хлопок-сырец, сортировка, электрическая технология, устройство, волокно, качество.

Keywords: cluster, raw cotton, sorting, electrical technology, device, fiber, quality.

Введение

С переводом хлопководства Узбекистана на систему хлопково-текстильных кластеров возникла задача существенного повышения качества производимого хлопкового волокна, позволяющего получить пряжу с улучшенными технологическими свойствами, способствующими производить продукцию с высокой конкурентной способностью на внешнем рынке [1]. Реализация этой задачи требует внедрения в технологические процессы первичной переработки хлопка-сырца новых методов воздействия на сырье при сниженных материальных затратах.

У возделываемых в Узбекистане видов и сортов хлопчатника из-за влияния генетических, матрикальных и экологических факторов в онтогенезе накопление бутонов, цветков и коробочек происходит последовательно по "конусам" на растении. В первую очередь образуются крупные коробочки внутренних конусов, а затем, при ослабевающей жизнедеятельности стареющего растения и при худших внешних условиях, формируются коробочки периферий-

ных конусов куста хлопчатника. В этих коробочках образуются более мелкие семена с относительно низкой зрелостью волокон, что приводит к появлению неровноты свойств волокна и, следовательно, к снижению качества вырабатываемой пряжи из него.

Поэтому исходный хлопок-сырец всегда состоит из смеси разнокачественных летучек, после переработки которых получают волокно с усредненными статистическими качественными показателями от свойств исходных составляющих [2]. На разрывную нагрузку пряжи сильно влияет зрелость волокна. Для получения из имеющихся волокон пряжи лучшего качества следует рассортировать хлопковые летучки по степени их зрелости, длине волокон или другому показателю [3].

Существенным недостатком существующей технологии является применение пильных джинов для отделения волокон от семян. Процесс осуществляется за счет отрывающего действия механических сил зубьев пилы, вследствие чего количество механических повреждений волокна увели-

чивается на 19%, а жгутиков – на 25%, что снижает прочность пряжи. Для исключения этого недостатка исходный хлопок-сырец необходимо рассортировать на фракции с выровненными свойствами волокна [4].

Используемые в настоящее время технологические линии хлопководческих кластеров предусматривают переработку хлопка-сырца в непрерывном потоке по схеме "сушка-очистка-джинирование (волоконотделение)-волоконочистка-прессование" и по существу не реагируют на качественный состав исходного материала.

Качество волокна можно улучшить разделением исходного хлопка-сырца в специальных сортирующих устройствах на различные фракции, состоящие из летучек одинакового качества, используя тесную корреляционную связь физиологической зрелости семян и их волокон, с последующей раздельной переработкой на волокно.

Для этой цели был разработан пневматический комплекс, рабочим органом которого является вращающийся цилиндр с вставленными полиэтиленовыми соплами. В процессе работы мелкие летучки всасываются воздухом внутрь через сопла, а крупные остаются на поверхности цилиндра, которые затем повторно подаются на разделение. Таким образом, хлопок делится на две фракции, отличающиеся качеством волокна и семян. Опыты показали, что из хлопка II промышленного сорта можно выделить до 35% хлопка I сорта, при этом

оставшийся хлопок (легкая фракция) имеет меньшую разрывную нагрузку волокна, чем исходный сырец [5]. Недостатками устройства являются низкая четкость разделения, отсутствие возможности регулирования процесса при изменении свойств сырца.

В дальнейшем для устранения недостатков пневматического устройства была использована способность электрического поля оказывать силовое воздействие на диэлектрические материалы (хлопок-сырец, волокно, семена).

Применение трибоэлектрического способа [6] позволило несколько повысить четкость разделения хлопка по сравнению с пневматическим способом. Однако неравномерность распределения по поверхности рабочего барабана и нестабильность величины электрического поля воспрепятствовали его практическому применению.

Предварительные исследования барабанного диэлектрического устройства с разнополярными электродами показали, что он обладает лучшими качественными показателями для сортирования летучек хлопка-сырца [7], [8]. Изучение качественных показателей хлопка во фракциях показали [9], что в электрическом устройстве разделение разнокачественных летучек происходит одновременно по массе летучек и зрелости волокон (табл. 1 – технологические свойства хлопкового волокна летучек во фракциях [9]).

Т а б л и ц а 1

Показатель	Исходные	Фракции			
		I	II	III	IV
Масса 1000 летучек, г	140,12	161,75	133,44	126,89	90,06
Разрывная нагрузка, гс	2,7	3,4	3,2	2,7	2,3
Коэффициент зрелости	1,4	1,6	1,5	1,4	1,2
Сорт хлопкового волокна	V	III	IV	V	VI

Поэтому дальнейшие исследования проводились по уточнению технологии и обоснованию основных параметров электросортировщика.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование процесса разделения хлопка-сырца в электросорти-

ровщике для обоснования параметров приемного устройства.

Методы и материалы

Исследования проводились на специальном устройстве, основным рабочим органом которого является диэлектрический барабан 7 (рис.1 – основные рабочие

органы (а) и технологическая схема (б) устройства для разделения хлопка-сырца в электрическом поле) с размещенными на поверхности разнополярными электродами 10, установленными параллельно образующей диэлектрического цилиндра 9. Выходы электродов через неподвижные 2 и подвижные 6 контакты соединены с источником высокого напряжения. Наличие участков контактных колец из диэлектрического материала 3 способствует облегчению условий очистки электродов щеткой 4 в бесточковой паузе. Под рабочим органом установлен съемный приемник 5 с разным количеством отсеков для фракций разделяемых летучек. Величина высокого напряжения изменяется с помощью регулятора со стороны обмотки низкого напряжения повышающего трансформатора в зависимости от свойств хлопка-сырца.

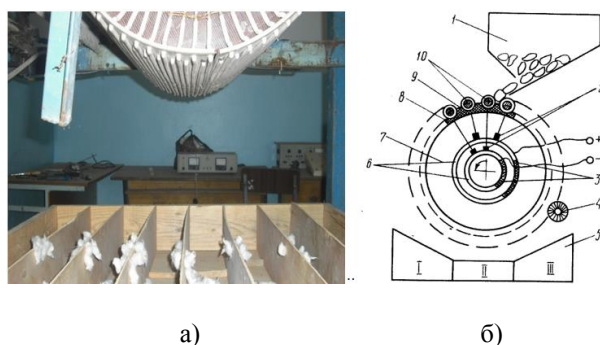


Рис. 1

Исследования проводились с хлопком-сырцом селекционного сорта С-6524 средневолокнистого хлопчатника 1-,2- и 3- промышленных сортов.

Для выбора режима работы сортировщика сначала сортировали летучки хлопка третьего промышленного сорта с определением массовых показателей во фракциях. Затем проводили сортирование с тремя промышленными сортами хлопка. После каждого опыта определяли общую массу хлопка во фракции и количество выделенных летучек с последующим подсчетом выхода на фракции и средней массы летучек. Масса отдельных летучек исходного материала измерялась на торсионных весах ВТ-500. Статистическое распределение летучек каждой фракции по массе проводили по 10 групповым интервалам, исходя из максимального и минимального значений массы летучек по всему опыту. Статистическая обработка опытных данных проводилась по стандартной методике.

Результаты и обсуждение

Для определения режима сортирования опыт сначала проводился с летучками хлопка-сырца селекционной разновидности С-6524 третьего промышленного сорта. Наибольший размах рассеивания летучек по фракциям соответствовал напряжению электродов 4000 В, результаты которого представлены в табл. 2 (результаты разделения летучек хлопка-сырца на электросортировщике).

Распределение летучек по массе и выходу происходило неравномерно, по фракциям. Наибольший выход летучек оказался в III фракции (26%), а в VI фракцию попало 19% от общей массы исходных летучек. В эти же фракции выделилось большее количество летучек (1129 и 982 шт).

Таблица 2

Фракции	Общая масса летучек, г	Выход летучек на фракции, %	Количество летучек во фракции, шт.	Средняя масса одной летучки во фракции $m_{ср}$, г	Уменьшение средней массы, г
II	80,98	12,003	491	0,165	-
III	176,10	26,101	1129	0,156	0,009
IV	92,67	13,735	610	0,152	0,004
V	64,38	9,542	451	0,143	0,009
VI	127,36	18,877	982	0,130	0,013
VII	83,05	12,310	718	0,115	0,015
VIII	50,14	7,432	440	0,114	0,001
Всего	674,68	100,000	4820	139,98	0,051
Статистические показатели	Средняя арифметическая			0,140	-
	Стандарт			$\pm 0,017831$	-
	Ошибка средней арифметической			$\pm 0,0002572$	-
	Наименьшая существенная разница НСР ₀₉₅			$\pm 0,000504$	-

Меньше летучек выделилось на III, V и VIII фракции, доля которых составляла соответственно 12,0, 9,5 и 7,4% от исходной массы. Т.е. летучки по фракциям распределились (f , %) с явно выраженными двумя максимумами в III и VI фракциях (рис.2), что свидетельствует о разнокачественности состава исходного хлопка-сырца.

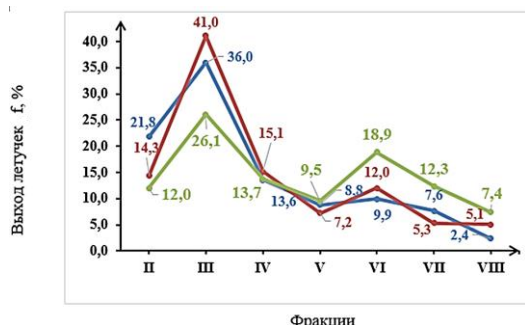


Рис. 2

Средняя масса летучек ($m_{ср}$) от II к VIII фракции непрерывно уменьшается. Это вполне соответствует теоретическим исследованиям разделения семян и летучек в барабанных электросортировщиках [10]. Причем самые существенные изменения в массах летучек наблюдаются при переходах от II к III и от V к VII фракциям, т.е. там, где находятся максимумы выхода летучек во фракциях (рис.2).

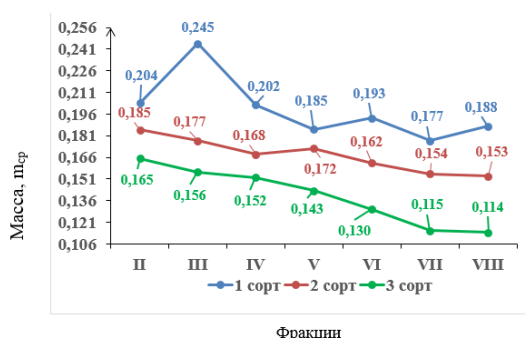


Рис. 3

Кроме того наблюдается снижение массы одной летучки от II к VIII фракциям с 0,185 г до 0,153 г у второго промышленного сорта хлопка-сырца (рис.3). Аналогичная зависимость наблюдается у первого и третьего сортов хлопка-сырца. Кривые изменений массы летучек во всех фракциях уменьшаются от первого к третьему

помышленному сорту, что еще раз подтверждает зависимость массы летучек от качества (зрелости) содержащихся в них семян и волокна.

Количество фракций и место установки разделительных плоскостей между фракциями электросортировщика должны обосновываться, исходя из условия обеспечения качественной однородности выделяемых летучек. Это будет обеспечено в том случае, если разделительные плоскости между фракциями будут установлены на границах изменения качественных показателей летучек. Однако изменения средней массы между всеми смежными фракциями (табл.2) превосходят значение наименьшей существенной разницы $НСР_{095}$. Поэтому для обоснования конструктивных параметров приемного устройства электросортировщика необходимо провести исследования зрелости, разрывной нагрузки и других показателей качества волокна во фракциях.

ВЫВОДЫ

1. Разделение хлопка-сырца в электрическом устройстве происходит по массе летучек, имеющих тесную связь с физиологической зрелостью и разрывной нагрузкой волокон. Поэтому в пределах каждой фракции электрического устройства выделяются летучки с выравненными свойствами волокон, соответствующими различным сортам текстильного сырья. Использование волокна из фракций с лучшими технологическими свойствами позволит получить высококачественную пряжу, способствующую производству конкурентоспособной продукции текстильной промышленности на внешнем рынке.

2. Технология с предварительной сортировкой летучек в электрическом поле позволит разработать перспективную электро-технологическую систему машин, исключая применение пыльных джинов при первичной переработке хлопка-сырца и значительно улучшающую качество выпускаемой продукции хлопково-текстильных кластеров.

3. Обоснование конструктивных параметров приемного устройства электросортировщика необходимо провести наряду со средней массой летучек с учетом зрелости, разрывной нагрузки и других показателей качества волокна во фракциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.lex.uz/docs/3459665>. Указ Президента Республики Узбекистан от 14.12.2017 г. № УП-5285 "О мерах по ускоренному развитию текстильной и швейно-трикотажной промышленности".
2. *Голдберг Г., Ломухина Г.* Изменение ассортимента хлопка-сырца при его сортировании. – Ташкент: УзНИИТИ, 1989.
3. *Джанпаизова В., Мырхалыков Ж.У., Ташменов Р.С. и др.* Возможности улучшения качества пряжи путем рассортировки волокон хлопка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 3. С.107...111.
4. *C, D. Delhom, C.B. Armijo, S. Ed Hughs.* High Quality Yarns Produced via High-Speed Roller Ginning of Upland Cotton // The Journal of Cotton Science. – 2017. Vol.21. P.81...93.
5. *Юсубалиев А., Исमतов Д.* К повышению качества семян хлопчатника сортированием летучек хлопка-сырца // Сб. мат. II Междунар. научн.-практ. конф. ПНИИАЗ (27 февраля 2017 г.). – с. Соленое Займище, 2017. С.1374...1377.
6. *Росабаев А.Т.* Исследование движения частиц хлопка-сырца по поверхности заряженного диэлектрического барабана // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2016, №3. С.103...110.
7. *Юсубалиев А.* Улучшение существующей технологии первичной переработки сырья в хлопководческих кластерах // Электронный инновационный вестник. – 2020, №6. С.15...16.
8. *Юсубалиев А., Пиримов О.Ж., Курбонбоев Т.О.* Возможности повышения качества хлопка-сырца рассортировкой летучек в электрическом поле // Проблемы современной науки и образования. – 2016, №33. С.20...22.
9. *Yusubaliev A., Yusupalieva U.* Improvement of quality of a cotton fibre Sorting cotton segments in the electric device // European science review, May-Jun. – 2014, № 5-6. P. 46...48.

10. *Юсубалиев А.* Электросортировка в хлопководстве. – 2019, Новосибирск, Академиздат. (РИНЦ: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43329404>).

REFERENCES

1. <https://www.lex.uz/docs/3459665>. Ukaz Prezidenta Respubliki Uzbekistan ot 14.12.2017 g. № UP-5285 "O merakh po uskorennomu razvitiyu tekstil'noy i shveyno-trikotazhnoy promyshlennosti".
2. *Goldberg G., Lomukhina G.* Izmenenie assortimenta khlopka-syrtsa pri ego sortirovani. – Tashkent: UzNIINTI, 1989.
3. *Dzhanpaizova V., Myrkhalikov Zh.U., Tashmenov R.S. i dr.* Vozmozhnosti uluchsheniya kachestva pryazhi putem rassortirovki volokon khlopka // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, № 3. S.107...111.
4. *C, D. Delhom, C.B. Armijo, S. Ed Hughs.* High Quality Yarns Produced via High-Speed Roller Ginning of Upland Cotton // The Journal of Cotton Science. – 2017. Vol.21. P.81...93.
5. *Yusubaliev A., Ismatov D.* K povysheniyu kachestva semyan khlopchatnika sortirovaniem letuchek khlopka-syrtsa // Sb. mat. II Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. PNIIAZ (27 fevralya 2017 g.). – s. Solenoe Zaymishche, 2017. S.1374...1377.
6. *Rosabaev A.T.* Issledovanie dvizheniya chastits khlopka-syrtsa po poverkhnosti zaryazhennogo dielektricheskogo barabana // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. – 2016, №3. S.103...110.
7. *Yusubaliev A.* Uluchshenie sushchestvuyushchey tekhnologii pervichnoy pererabotki syr'ya v khlopkovodcheskikh klasterakh // Elektronnyy innovatsionnyy vestnik. – 2020, №6. S.15...16.
8. *Yusubaliev A., Pirimov O.Zh., Kurbonboev T.O.* Vozmozhnosti povysheniya kachestva khlopka-syrtsa rassortirovkoj letuchek v elektricheskom pole // Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya. – 2016, №33. S.20...22.
9. *Yusubaliev A., Yusupalieva U.* Improvement of quality of a cotton fibre Sorting cotton segments in the electric device // European science review, May-Jun. – 2014, № 5-6. P. 46...48.
10. *Yusubaliev A.* Elektrosortirovka v khlopkovodstve. – 2019, Novosibirsk, Akademizdat. (RINTs: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43329404>).

Рекомендована Ученым советом. Поступила 19.01.22.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЭМУЛЬСИРОВАНИЕ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ СНИЖЕНИЯ НЕРОВНОТЫ ПРЯЖИ

ADDITIONAL EMULSION AS A POSSIBILITY TO REDUCE YARN UNEVENITY

К.Э. РАЗУМЕЕВ, Н.Е. ФЕДОРОВА, С.А. ГОЛАЙДО

K.E. RAZUMEEV, N.E. FEDOROVA, S.A. GOLAIIDO

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

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

E-mail: razumeev-keh@rguk.ru; fedorova-ne@rguk.ru; golajdo-sa@rguk.ru

Цель исследования состояла в изучении влияния на неровноту пряжи, на конечные результаты (свойства и характеристики продукта) технологического процесса изменений свойств волокон и структуры продукта, путем дополнительного эмульсирования полуфабриката на чесальном аппарате.

The aim of the study was to study the effect both on the yarn unevenness and on the final results (the product properties and characteristics) of the technological process of changes in the fibers properties and the product structure, by additional emulsification of the semi-finished product on the carding machine.

Ключевые слова: силовые поля вытяжных приборов, чесальный аппарат, уплотнение ровницы, эмульсирование, числа контактов, свойства продукта.

Keywords: force fields of exhaust devices, carding machine, roving compaction, emulsification, contact numbers, product properties.

Все полуфабрикаты и пряжа имеют неровноту, которая состоит из нескольких неровнот, отличающихся длиной, формой волн, амплитудами колебаний. Любая неровнота, возникнув, не исчезает, она переходит из одного полупродукта в другой, на конечном этапе производства – в пряжу.

На технологическом оборудовании в прядении продукт складывается и утоняется, длина его увеличивается соответственно вытяжке, различного рода колебания толщины по длине входящего продукта переходят в выходящий продукт, причем длина волны этих колебаний увеличивается пропорционально вытяжке, а возникающая неровнота с более короткими волнами накладывается на более длинные волны колебаний толщины входящего продукта. Следовательно, чем раньше в ходе техно-

логического процесса прядильного производства возникла неровнота, тем более длинные волны колебаний будет иметь соответствующая составляющая неровноты в пряже. В большей мере это относится к неровноте по толщине продукта [1].

Структурная неровнота также переходит из одного продукта в другой, но эти явления обладают большей сложностью [2].

Изменение свойств продукта по его длине определяет неровноту продукта по физико-механическим и другим свойствам.

Неровнота пряжи – негативное явление, снижающее технико-экономические показатели работы текстильных предприятий и эксплуатационные свойства изделий.

Неровнота от вытягивания в аппаратной системе прядения возникает в вытяжном приборе прядильной машины. Структурная

неровнота входящего в вытяжной прибор продукта является одной из причин нарушения движения волокон, которое обусловлено полями сил трения, возникающими в результате взаимодействия волокон и рабочих органов вытяжного прибора.

Необходимо учитывать сложные взаимодействия множества факторов, которые определяют движение волокон. При этом чаще всего используется вероятностный подход. Это объясняется случайным характером сил трения, действующих на волокна на различных участках поля вытягивания. Неравномерность свойств волокон, конструкция вытяжного прибора и сущность самого процесса вытягивания способствуют этому.

Воздействовать на силовые поля вытяжных приборов можно путем изменения коэффициентов трения между волокнами и числа контактов волокон, которые изменяются при уплотнении волокнистого продукта. Стабильность числа контактов вдоль длины продукта тем больше, чем плотнее продукт. Такое уплотнение продукта имеет место, в частности, в процессе сучения волокнистого продукта.

Поля сил трения вытяжных приборов изучены по зонам теоретически и экспериментально. В работах получены эпюры напряжения сжатия и расчетные эпюры полей сил трения в двухремешковом зажиме с различными конструктивными элементами [3].

Анализируя приведенные работы, можно сделать вывод, что изменением полей сил трения в вытяжных приборах можно уменьшить неровноту продукта.

Цель исследования – влияние на конечные результаты технологического процесса изменением свойств волокон и структуры продукта.

Приготовление ровницы по аппаратной системе прядения завершается на чесальном аппарате, вырабатывающем ровницу необходимой линейной плотности и прочности.

Прочность ровницы складывается из сил трения и цепкости волокон. При разрыве ровницы составляющие ее волокна скользят друг относительно друга без их разрыва.

Сучение полосок ватки производится посредством пары сучильных рукавов, совершающих возвратно-поступательное движение. Верхний и нижний рукава в каждой паре перемещаются навстречу друг другу. Полоски ватки при сходе с ремешков попадают в зазор между сучильными рукавами, который меньше толщины полосок. Волокнистые полоски сдавливаются рукавами и при этом в зонах контакта возникают силы трения. Продвигаясь вместе с рукавами вперед, полоски уплотняются и закатываются в ровницу круглого сечения благодаря встречному возвратно-поступательному движению пары рукавов. Можно утверждать, что упрочнение продукта при сучении достигается за счет увеличения контактов между волокнами. Сжимающие радиальные усилия между рукавами создают длительное воздействие на всю поверхность волокнистого продукта, который при этом сжимается последовательно со всех сторон вследствие поперечного движения. Сучильные рукава обладают большой эффективностью упрочнения и создают всестороннее и длительное сжимающее воздействие на продукт. При этом увеличивается прочность и плотность волокнистого продукта. На поверхности рукавов предусмотрены рифли, это способствует повышению трения между рукавами и ровницей.

Интенсивность процесса сучения зависит в основном от технологического режима работы чесального аппарата в соответствии с анализом предложенных формул для определения интенсивности сучения ровницы, но они не учитывают структуру продукта и свойства волокон (чешуйчатость и гибкость). Чешуйчатость является исходным свойством волокон шерсти, и она непосредственно влияет на силы трения, которые возникают в процессе сучения. От гибкости и распрямленности волокон зависит степень уплотнения ровницы в процессе сучения. Менее жесткие волокна при их деформации меньше стремятся вернуть свое исходное положение и форму и имеют большее число контактов с другими волокнами.

В соответствии с результатами выполненных исследований было установлено,

что снижение неровноты пряжи может быть достигнуто путем создания более однородного по воздействию на волокна поля вытягивания.

Поле сил трения вытяжного прибора прядильной машины можно регулировать путем изменения параметров технологического режима процесса, конструкции вытяжного прибора, свойств волокон и структуры ровницы

Уплотнение ровницы способствует стабилизации числа контактов волокон в поле вытягивания, снижает скрытую вытяжку при наматывании и разматывании ровницы.

Уплотнение аппаратной ровницы с целью снижения неровноты получаемой из нее пряжи может быть достигнуто путем интенсификации процесса сучения, которая может достигаться как путем изменения технологических параметров работы сучильного устройства, так и изменением свойств волокон непосредственно на чесальном аппарате.

Снизить неровноту от вытягивания в вытяжном приборе можно путем целенаправленного воздействия на поля сил трения, которые изменяются в результате изменения свойств волокон и структуры продукта.

Увеличить гибкость волокон в продукте, изменить их свойства, изменить поле сил трения в вытяжном приборе и снизить неровноту от вытягивания можно путем эмульсирования на определенном этапе технологического процесса. Это позволяет изменять силы трения между волокнами, снижать жесткость на изгиб, снимать релаксационные напряжения в волокнах и электростатические заряды.

Локальное эмульсирование перед процессом сучения позволяет снизить неровноту пряжи и обеспечить интенсификацию самого процесса, а также и позволит снизить обрывность в процессе чесания [4].

В исследовании с целью выявления факторов, влияющих на интенсивность и эффективность процесса сучения как способа уплотнения аппаратной ровницы и управления полем сил трения вытяжных приборов для снижения неровноты получаемой

пряжи, проведен теоретический анализ процесса сучения и экспериментальное исследование свойств волокон и структуры аппаратной ровницы, подвергаемой эмульсированию (методом моделирования процесса эмульсирования) [1].

В результате экспериментальных исследований установлено, что эмульсирование ровницы эмульсией с составом ПО-3 - 2%, вода - 98% с расходом эмульсии 3% от массы ровницы позволяет увеличить: изогнутость конфигураций волокон, что подтверждается изменением длины элементов волокон и углов их наклона к оси продукта, силы трения между волокнами ровницы по сравнению с неэмульсированным продуктом, доли остаточной деформации сжатия.

Полученные экспериментальные результаты подтверждают возможность интенсификации уплотнения ровницы при сучении путем дополнительного эмульсирования продукта на чесальном аппарате, что позволит снизить неровноту полученной из нее пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Голайдо С.А.* Разработка метода пенного эмульсирования ленты для снижения неровноты аппаратной пряжи: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2009.
2. *Голайдо С.А., Бондарчук М.М., Грязнова Е.В., Федорова Н.Е.* Неровнота пряжи и анализ методов ее снижения // Альманах современной науки и образования. – 2015, №1(91). С.24...28.
3. *Люсова Н.Е.* Разработка метода автоматизированного проектирования технологического режима приготовления гребенной ленты: Дис...канд. техн. наук. –М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2003.
4. *Федорова Н.Е., Голайдо С.А.* Исследование контактирования волокон ленты // Швейная промышленность. – 2016, №1-2.
5. *Разумеев К.Э., Голайдо С.А., Федорова Н.Е.* Анализ структурных свойств ровницы // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2017. Т. 37. № 3. С. 76...78.
6. *Павлюченко Е.В., Разумеев К.Э., Мовшиович П.М.* Разработка аналитической модели выбора скоростного режима кольцепрядильной машины в условиях ООО "БКК" // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 1. С. 41...43.
7. *Разумеев К.Э., Федорова Н.Е.* Исследование сил трения между волокнами полушерстяной ленты в целях обоснования технологии переработки полуфабрикатов прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 2. С. 64...67.

8. Zhong P., Kang Z., Hu R., Pang J., Zhang X., Huang F., Han S. Evaluation method for yarn diameter unevenness based on image sequence processing // Textile Research Journal. – 2015. V. 85. № 4. С. 369...379.

9. Zhou Q., Wang W., Zhang Y., Li Q., Hurren C.J. Analyzing the thermal and hygral behavior of wool and its impact on fabric dimensional stability for wool processing and garment manufacturing // Textile Research Journal. – 2020. V. 90. № 19-20. С. 2175...2183.

REFERENCES

1. Golaydo S.A. Razrabotka metoda pennogo emul'sirovaniya lenty dlya snizheniya nerovnoty apparatnoy pryazhi: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – M.: MGТУ imeni A.N. Kosygina, 2009.

2. Golaydo S.A., Bondarchuk M.M., Gryaznova E.V., Fedorova N.E. Nerovnota pryazhi i analiz metodov ee snizheniya // Al'manakh sovremennoy nauki i obrazovaniya. – 2015, №1(91). S.24...28.

3. Lyusova N.E. Razrabotka metoda avtomati-zirovannogo proektirovaniya tekhnologicheskogo rezhima prigotovleniya grebennoy lenty: Dis....kand. tekhn. nauk. –M.: MGТУ imeni A.N. Kosygina, 2003.

4. Fedorova N.E., Golaydo S.A. Issledovanie kontaktirovaniya volokon lenty // Shveynaya promyshlennost'. – 2016, №1-2.

5. Razumeev K.E., Golaydo S.A., Fedorova N.E. Analiz strukturnykh svoystv rovnitsy // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2017. T. 37. № 3. S. 76...78.

6. Pavlyuchenko E.V., Razumeev K.E., Movshovich P.M. Razrabotka analiticheskoy modeli vybora skorostnogo rezhima kol'tsepryadi'noy mashiny v usloviyakh OOO "BKK" // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 1. S. 41...43.

7. Razumeev K.E., Fedorova N.E. Issledovanie sil treniya mezhdru voloknami polusherstyanoy lenty v tselyakh obosnovaniya tekhnologii pererabotki polufabrikatov pryadeniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 2. S. 64...67.

8. Zhong P., Kang Z., Hu R., Pang J., Zhang X., Huang F., Han S. Evaluation method for yarn diameter unevenness based on image sequence processing // Textile Research Journal. – 2015. V. 85. № 4. S. 369...379.

9. Zhou Q., Wang W., Zhang Y., Li Q., Hurren C.J. Analyzing the thermal and hygral behavior of wool and its impact on fabric dimensional stability for wool processing and garment manufacturing // Textile Research Journal. – 2020. V. 90. № 19-20. S. 2175...2183.

Поступила 20.01.22.

УДК 667.017

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_123

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

THE STUDY OF SECONDARY RAW MATERIALS' COTTON YARN STRENGTH CHARACTERISTICS

С.М. КИРЮХИН, С.В. ПЛЕХАНОВА, А.Ф. ПЛЕХАНОВ, Н.А. ВИНОГРАДОВА
S.M. KIRYUKHIN, S.V. PLEKHANOVA, A.F. PLEKHANOV, N.A. VINOGRADOVA

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

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

E-mail: kiruhin-sm@rguk.ru; plekhanova-sv@rguk.ru; plekhanov-af@rguk.ru; lisa-xumuk@yangex.ru

В статье приведены результаты сравнительных испытаний хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья линейных плотностей 25, 29, 50 и 60 текс, выработанной по кардной системе прядения пневмомеханическим способом, с показателями качества пряжи из стандартной сортировки средневолокнистого хлопка. Отмечается, что пряжа из стандартной сортировки имеет меньшую вероятность обрывов и интенсивность отказов по всему диапазону задаваемых нагрузок и удлинений. Интенсивность

разрушения при нагрузке 300 сН в 3,45 раза меньше, чем у пряжи из вторичного сырья. При удлинении вероятность обрывов пряжи из вторичного сырья в 5,3 раза выше, а интенсивность разрушения пряжи выше в 4,4 раза. Полученная информация значительно расширяет возможность оценки показателей механических свойств пряжи. Результаты исследований могут быть использованы при выборе технологических режимов переработки сырья.

The article presents the results of comparative tests of secondary raw materials' cotton yarn with linear densities of 25, 29, 50 and 60 tex, produced by a carded spinning system by an open end method, with indicators of the yarn quality from a standard sorting of medium-staple cotton. It is noted that yarns from standard grades have a lower probability of breakage and a lower failure rate over the entire range of specified loads and elongations. The intensity of destruction at a load of 300 cN is 3.45 times less than that of yarn produced from secondary raw materials. With lengthening, the probability of yarn breakage from secondary raw materials is 5.3 times higher, and the intensity of yarn destruction is 4.4 times higher. The information received significantly expands the ability to assess the indicators of the yarn mechanical properties. The research results can be used when choosing technological modes of raw material processing.

Ключевые слова: хлопчатобумажная пряжа, вторичное сырье, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, зажимная длина.

Keywords: cotton yarn, secondary raw materials, breaking load, breaking elongation, clamping length.

Рациональное использование вторичного сырья в хлопчатобумажной отрасли для изготовления текстильных изделий становится все более актуальной задачей [1], [2].

Разработана технология выработки хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья [3] по кардной системе прядения пневмомеханическим способом. Внедрение новой технологии в производство предполагает всестороннее исследование механических свойств нового вида пряжи [4]. Прочность является одной из основных характеристик механических свойств нитей, определяющих их поведение в технологических процессах переработки и качество вырабатываемых из них текстильных изделий [5], [6].

Целью работы являлось всестороннее исследование характеристик прочности хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья хлопчатобумажного производства.

В качестве объектов исследования были выбраны четыре образца хлопчатобумаж-

ной пряжи линейной плотности 25, 29, 50 и 60 текс, изготовленные из отходов хлопчатобумажного производства по ГОСТ 5159 с использованием технологии, изложенной в работе [3]. Пряжа из отходов была получена из сортировки хлопчатобумажных отходов – стандарт № 3, 7 и 11 в процентном соотношении 54:26:20. Прием обозначение этой пряжи – ПО.

Общая методика работы включала получение стандартных характеристик прочности ПО, изучение их статистических моделей – законов распределения, в том числе при различной зажимной длине, нахождение характеристик надежности по прочности исследуемых образцов пряжи [7]. Для сравнения аналогичные исследования проводились для хлопчатобумажной пряжи тех же линейных плотностей стандартной смеси по ОСТ 17-96–86. Обозначим эту пряжу ПС.

В табл. 1 даны сводные характеристики разрывной нагрузки и удлинения при разрыве исследуемых образцов хлопчатобумаж-

бумажной пряжи, полученные при испытании выборки по ГОСТ 6611.2: \bar{x} – среднее

значение, σ_x – среднее квадратическое отклонение, C – коэффициент вариации.

Т а б л и ц а 1

Линейная плотность пряжи Т, текс	Сводные характеристики	ПО		ПС	
		Р _р , сН	ℓ _р , мм	Р _р , сН	ℓ _р , мм
25	\bar{X}	224	29,5	232	29,5
	σ_x	32,7	4,10	30,6	3,86
	C, %	14,6	13,9	13,2	13,1
29	\bar{X}	261	27,5	322	33,0
	σ_x	39,9	3,11	45,0	2,84
	C, %	15,3	11,3	14,0	8,6
50	\bar{X}	422	35,0	489	41,0
	σ_x	60,8	4,13	70,4	3,90
	C, %	14,4	11,8	14,4	9,5
60	\bar{X}	630	39,0	635	46,0
	σ_x	49,8	3,39	51,1	2,53
	C, %	7,9	8,7	8,0	5,5

Из табл. 1 (результаты испытания разрывной нагрузки пряжи и удлинения при разрыве) видно, что для всех исследуемых образцов средние значения разрывной нагрузки, удлинения при разрыве и неровнота по этим показателям прочности для ПО хуже, чем для пряжи ПС. Для количественной оценки этих изменений были подсчитаны относительные значения: $\Delta_{П} = 100(P_{О} - P_{С})/P_{С}$, %, где $P_{О}$ и $P_{С}$ –

соответствующие показатели прочности ПО и ПС. Полученные результаты приведены в табл. 2 (оценка изменений и достоверности различия характеристик прочности хлопчатобумажной пряжи из отходов и стандартной сортировки)/ Там же дана статистическая оценка достоверности различия \bar{X}_B по критерию Стьюдента t и σ_B по критерию Фишера F для доверительной вероятности 0,95 [8].

Т а б л и ц а 2

Т, текс	Сводные характеристики	Δ_P , %	Δ_1 , %	Достоверность различия			
				$t_{0,95}=3,29$		$t_{0,95}=1,39$	
				Р _р		ℓ _р	
25	\bar{X}	-3,4	0	t=1,79	недостоверна	t=0	недостоверна
	σ_x	6,9	6,5	F=1,14	недостоверна	F=1,13	недостоверна
	C, %	10,6	5,3	-	-	-	-
29	\bar{X}	-18,9	-16,7	t=10,2	достоверна	t=13,1	достоверна
	σ_x	-11,3	8,8	F=1,27	недостоверна	F=1,18	недостоверна
	C, %	9,3	29,9	-	-	-	-
50	\bar{X}	-13,7	-14,6	t=7,20	достоверна	t=10,5	достоверна
	σ_x	-13,6	6,4	F=1,34	недостоверна	F=1,13	недостоверна
	C, %	0	24,2	-	-	-	-
60	\bar{X}	-0,8	-15,2	t=0,70	недостоверна	t=16,7	достоверна
	σ_x	-2,5	33,3	F=1,05	недостоверна	F=1,78	достоверна
	C, %	-1,2	60,0	-	-	-	-

Из табл. 2 видно, что наибольшие изменения Δ средних значений характеристик прочности наблюдаются у ПО линейной плотности 29 и 50 текс, а наименьшие – для разрывного удлинения ПО 25 текс и разрывной нагрузки для ПО 60 текс.

Неровнота характеристик прочности ПО изменяется неоднозначно. Величины σ_p ПО для трех из четырех исследуемых образцов были меньше, чем у ПС на 2,5...13,6%, а для ПО 25 текс σ_p увеличилась на 6,9%. Разрывное удлинение σ_1 увеличилось для всех исследуемых образцов ПО, причем наиболее существенно для ПО 60 текс, т.е. пряжи большей линейной плотности. Коэффициент вариации разрывной нагрузки и удлинения при разрыве, как и следовало ожидать, для всех образцов ПО увеличивается. Исключение составляют лишь C_p для ПО 50 и 60 текс. Интересно отметить, что если по средним значениям разрывной нагрузки и удлинения при разрыве ПО в большинстве случаев имела достоверно худшие показатели по сравнению с ПС, то по неравномерности характеристик прочности σ , особенно разрывной нагрузке σ_p , различия между ПО и ПС статистически недостоверны. Это может быть

связано с особенностями измерения этих показателей, а также физической сущностью неровноты по прочности ПО и ПС.

Средние значения \bar{P}_p и $\bar{\ell}_p$ характеризуют предельные критические величины разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. В реальных условиях переработки пряжи и эксплуатации изготовленных из нее изделий нити испытывают нагрузки и деформации много меньше P_p и ℓ_p . Поэтому для оценки характеристик прочности ПО в широком диапазоне нагрузок и деформаций были исследованы статистические модели этих показателей – законы распределения. Для этого по результатам первичных испытаний определяли асимметрию as и эксцесс ex эмпирических распределений P_p и ℓ_p для ПО и ПС при различных значениях зажимной длины образцов пряжи: $L_3=100; 300$ и 500 мм. Полученные результаты приведены в табл. 3 (асимметрия as и эксцесс ex эмпирических распределений разрывной нагрузки пряжи при различных значениях зажимной длины образцов) и разрывного удлинения пряжи – в табл. 4. Выбор различных зажимных длин для данных исследований был обусловлен тем, что это дает возможность дополнительно оценить механизм разрушения образцов пряжи [9], [10].

Таблица 3

Т, текс	Показатели	ПО			ПС		
		Зажимная длина, мм					
		100	300	500	100	300	500
25	P_p, cH	262	253	224	289	277	232
	σ, cH	26,1	30,0	33,2	22,0	27,0	31,1
	$C, \%$	9,8	11,8	14,6	7,8	9,7	13,2
	as	0,11	0,40	0,87	-0	0,10	0,28
	ex	-1,00	-0,84	0,52	-1,09	-0,96	-0,58
29	P_p, cH	300	295	261	360	353	322
	σ, cH	33,3	36,3	39,9	43,6	39,4	45,0
	$C, \%$	11,1	12,3	15,3	12,1	11,1	14,0
	as	-0,39	0,054	-0,051	0,035	-0,058	-0,15
	ex	0,43	-0,58	-0,64	-0,54	-0,58	-0,75
50	P_p, cH	432	421	422	532	523	489
	σ, cH	58,8	61,0	60,8	58,0	66,9	70,4
	$C, \%$	13,6	14,5	14,4	10,9	12,8	14,4
	as	0,12	0,10	-0	-0,12	-0,11	0,30
	ex	-1,20	1,08	0,14	-1,29	-1,25	-0,14
60	P_p, cH	675	644	630	745	670	635
	σ, cH	60,7	52,2	51,0	62,6	46,9	51,1
	$C, \%$	9,0	8,1	8,1	8,4	7,0	8,0
	as	-0,31	-0,46	-0,20	0,71	0,18	-0,049
	ex	0,26	0,023	-1,02	0,097	-2,01	-0,92

Из табл. 3 видно, что σ_{as} и σ_{ex} разрывной нагрузки ПО и ПС при различных L_3 невелики по абсолютному значению и соизмеримы с трехкратной величиной их основной ошибки $\sigma_{as} = 0,24$ и $\sigma_{ex} = 0,46$.

$$\sigma_{as} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)}}, \quad (1)$$

$$\sigma_{ex} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}}, \quad (2)$$

где n – число результатов.

Общей закономерности изменения σ_{as} и σ_{ex} по R_p при различных значениях L_3 не прослеживается. Из этого можно сделать заключение, что эмпирические распределения R_p для ПО и ПС при различных L_3 не противоречат статистической модели нормального закона, и, следовательно, механизм разрушения пряжи из "отходов" и "стандартной смеси", скорее всего, одинаков. Также достаточно четко прослеживается тенденция уменьшения R_p при увеличении L_3 , что характерно практически для всех текстильных нитей.

Темп этого снижения можно выразить через величину:

$$K_p = \frac{\bar{P}_{100} - \bar{P}_{500}}{\bar{P}_{100}}, \quad (3)$$

где \bar{P}_{100} и \bar{P}_{500} – значения средней разрывной нагрузки пряжи при зажимной длине 100 и 500 мм.

Величина K_p будет иметь значения: для ПО – от 0,02 ($T=50$ текс) до 0,14 ($T=25$ текс) и для ПС – от 0,08 ($T=50$ текс) до 0,20 ($T=25$ текс). Т.е. наименьший K_p наблюдается для пряжи большей линейной плотности и наоборот – наибольший для пряжи меньшей линейной плотности. Это имеет свое объяснение, т.к. в более "тонкой" пряже вероятность проявления "слабых звеньев" гораздо выше, чем в пряже большей линейной плотности. Меньшее значение K_p для ПО обусловлено более высокой прочностью ПС. Изменение характеристик неровноты по R_p при увеличении L_3 вписывается в известную закономерность: для ПО и ПС неровнота σ_p растет при увеличении L_3 . Исключение наблюдается лишь для пряжи 60 текс. Темпы роста σ_p составляют для ПО – от 0,03 ($T=50$ текс) до 0,27 ($T=25$ текс) и для ПС – от 0,03 ($T=29$ текс) до 0,40 ($T=25$ текс). Т.е. примерно та же картина, что и для изменения \bar{R}_p . Хотя абсолютный темп прироста гораздо выше, т.е. неровнота по прочности при изменении L_3 меняется гораздо существеннее, чем \bar{R}_p .

Т а б л и ц а 4

Т, текс	Показатели	ПО			ПС		
		Зажимная длина, мм					
		100	300	500	100	300	500
25	ℓ_p , сН	6,8	19,2	29,5	7,2	20,7	29,5
	σ , сН	0,55	1,56	4,10	0,61	1,59	3,86
	C, %	8,1	8,1	13,9	8,4	7,7	13,1
	as	0,23	0,28	-0,017	0	-0,15	-0,33
	ex	0,053	-1,02	0,21	-0,41	-0,81	-0,49
29	ℓ_p , сН	7,8	21,3	27,5	9,2	25,5	33,0
	σ , сН	0,90	1,90	3,11	0,91	2,06	2,84
	C, %	11,5	8,9	11,3	10,1	8,1	8,6
	as	-0,073	-0,29	0,12	-0,28	-0,17	-0,67
	ex	-0,60	0,084	-0,23	0,078	-0,16	0,15
50	ℓ_p , сН	8,7	22,8	35,0	10,2	28,8	41,0
	σ , сН	0,71	1,21	4,13	0,67	1,58	3,90
	C, %	8,2	5,3	11,8	6,6	5,5	9,5
	as	0,08	-0,16	0,12	-0,15	-0,46	0,18
	ex	-1,04	-0,88	-0,38	-0,68	-0,68	-0,23

60	ℓ_p , сН	9,5	24,3	39,0	12,2	30,9	46,0
	σ , сН	0,9	1,60	3,39	1,1	1,82	3,17
	C, %	9,5	6,6	8,8	9,0	5,9	6,9
	as	0,51	-0,31	0,27	0,38	0,48	0,066
	ex	0,11	0,24	-0,15	0,071	-0,073	-0,54

Для разрывного удлинения ПО и ПС (табл. 4 – асимметрия as и эксцесс ex эмпирических распределений разрывного удлинения пряжи при различной зажимной длине образцов) значения as и ex при различных L_3 также невелики и соизмеримы с трехкратной величиной их основных ошибок ($\sigma_{as}=0,24$ и $\sigma_{ex}=0,46$). При увеличении зажимной длины, как и следовало ожидать, растет абсолютное значение разрывного удлинения для ПО и ПС. Исключение, как и в случае с разрывной нагрузкой, составляет пряжа большой линейной плотности ($T=60$ текс).

При этом темпы роста ℓ_p при увеличении L_3 подсчитаны как:

$$K_1 = \frac{\bar{l}_{100} - \bar{l}_{500}}{\bar{l}_{100}}, \quad (4)$$

где \bar{l}_{100} и \bar{l}_{500} – значения среднего разрывного удлинения пряжи соответственно при зажимной длине 100 и 500 мм.

Величина K_1 для ПО изменяется в диапазоне от 0,72 ($T=29$ текс) до 0,77 ($T=25$ текс), для ПС – от 0,72 ($T=29$ текс) до 0,76 ($T=25$ текс).

Проведенные исследования статистических моделей характеристик прочности четырех образцов пряжи из отходов и стандартной сортировки при различных зажимных длинах показали, что они не противоречат нормальному закону и имеют в целом одинаковые закономерности изменения [4]. Т.е. физическая сущность и механизм обусловленности характеристик прочности ПО и ПС можно считать идентичным.

Зная закон распределения изучаемого показателя, становится возможным рассчитать характеристики надежности, например, вероятность и интенсивность отказов [4], [5]. Применительно к показателям прочности нити это дает дополнительную ин-

формацию, которая может быть использована для прогнозирования обрывности при заданных значениях внешней нагрузки [9].

Получены зависимости изменения вероятности отказа $F(x)$ и интенсивности отказа $\lambda(x)$ для разрывной нагрузки и удлинения при разрыве на примере исследуемых образцов пряжи линейной плотности 29 текс ПО и ПС при $L_3=500$ мм. Расчет проводился по формулам нормального закона распределения:

$$F(x) = F_0 \left[\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right], \quad (5)$$

$$\lambda(x) = \frac{1}{\sigma_x} f_1 \left[\frac{\bar{x} - x}{\sigma_x} \right], \quad (6)$$

где F_0 – функция нормированного и центрированного нормального закона; x – выбранное значение нагрузки или деформации; \bar{x} и σ_x – среднее и среднеквадратическое значения характеристик прочности; f_1 – функция, значение которой берется по специальным таблицам.

Сравнивая два вида исследуемой пряжи, можно отметить, что пряжа ПС имеет меньшую вероятность обрывов и интенсивность отказов по всему диапазону задаваемых нагрузок и удлинений. Интенсивность разрушения при нагрузке 300 сН у пряжи ПС в 3,45 раза меньше, чем пряжи ПО. Аналогичная картина наблюдается и для удлинения нити при разрыве. При удлинении 30 мм вероятность обрывов ПС в 5,3 раза меньше, чем ПО, а интенсивность отказов (разрушения пряжи) – в 4,4 раза. Полученная информация значительно расширяет возможность оценки показателей механических свойств пряжи. Эти данные могут быть использованы при выборе технологических режимов переработки сырья.

ВЫВОДЫ

Внедрение новой технологии в производство предполагает всестороннее исследование механических свойств нового вида пряжи.

Для всех исследуемых образцов средние значения разрывной нагрузки, удлинения при разрыве и неровнота по этим показателям прочности для пряжи из отходов хлопчатобумажного производства (ПО) хуже, чем для пряжи стандартной сортировки (ПС).

Пряжа ПС по сравнению с пряжей ПО имеет меньшую вероятность обрывов и интенсивность отказов по всему диапазону задаваемых нагрузок и удлинений.

Однако, пряжа из отходов, уступая пряже стандартной сортировки по некоторым показателям качества, выигрывает по стоимостным показателям. Пряжа ПО востребована на предприятиях, где в процессе производства и эксплуатации не требуются повышенные значения прочностных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю. Текстильное материаловедение перед технологическим рывком // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 42...47.
2. Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю. Материаловедение: традиции, достижения, перспективы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №4 (376). С. 31...36.
3. Плеханов А.Ф. Безотходная технология в пневмопрядении. – М.: Легпромбытиздат, 1994.
4. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
5. Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Демократова Е.Б. Квалиметрия и управление качеством текстильных материалов. – Часть 1. Квалиметрия и контроль качества текстильных материалов. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2017.
6. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. – М.: КолосС, 2011.
7. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М., Давыдов А.Ф. и др. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум. – М.: ИНФРА-М, 2021.
8. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Экспертные методы при оценке качества тканей // Дизайн и технологии. – 2019. № 71 (113). С. 63...70.

9. Грушина Ю.С., Иванов А.В., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Автоматизация метода испытания на ударную прочность геосинтетических материалов для дорожного строительства. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С.223...226.

10. Матрохин А.Ю., Королев В.П. Разработка методики оценки триботехнических характеристик текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №3. С.48...51.

REFERENCES

1. Gusev B.N., Matrokhin A.Yu. Tekstil'noe materialovedenie pered tekhnologicheskim ryvkom // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, № 1. S. 42...47.
2. Gusev B.N., Matrokhin A.Yu. Materialovedenie: traditsii, dostizheniya, perspektivy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №4 (376). S. 31...36.
3. Plekhanov A.F. Bezotkhodnaya tekhnologiya v pnevmopryadenii. – M.: Legprombytizdat, 1994.
4. Solov'ev A.N., Kiryukhin S.M. Otsenka i prognozirovaniye kachestva tekstil'nykh materialov. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984.
5. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V., Demokratova E.B. Kvalimetriya i upravleniye kachestvom tekstil'nykh materialov. – Chast' 1. Kvalimetriya i kontrol' kachestva tekstil'nykh materialov. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2017.
6. Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: KolosS, 2011.
7. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M., Davydov A.F. i dr. Tekstil'noe materialovedenie: laboratornyy praktikum. – M.: INFRA-M, 2021.
8. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V. Ekspertnye metody pri otsenke kachestva tkaney // Dizayn i tekhnologii. – 2019. № 71 (113). S. 63...70.
9. Grushina Yu.S., Ivanov A.V., Gruzintseva N.A., Gusev B.N. Avtomatizatsiya metoda ispytaniya na udarnuyu prochnost' geosinteticheskikh materialov dlya dorozhnogo stroitel'stva. // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 2. S.223...226.
10. Matrokhin A.Yu., Korolev V.P. Razrabotka metodiki otsenki tribotekhnicheskikh kharakteristik tekstil'nykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №3. S.48...51.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 13.04.22.

**ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН –
ПУТЬ К ВОЗРОЖДЕНИЮ НАЦИОНАЛЬНЫХ ТРАДИЦИЙ РОССИИ**

**THE DEEP PROCESSING OF BAST FIBERS
AS THE WAY TO THE REVIVAL OF THE NATIONAL TRADITIONS OF RUSSIA**

Е.П. ЛАВРЕНТЬЕВА, О.К. САНИНА, Р.О. БЕЛОУСОВ

E.P. LAVRENTEVA, O.K. SANINA, R.O. BELOUSOV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Центральный научно-исследовательский институт промышленности и сельского хозяйства)

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Central Research Institute of Industry and Agriculture)

E-mail: lavrentyeva-ep@rguk.ru; sanina-ok@rguk.ru; roman.belousov@agroindustrial.institute

В данной статье представлены сравнительные характеристики лубяных волокон (льна и конопли) и возможные пути их переработки.

This article presents the comparative characteristics of bast fibers (flax and hemp) and possible ways of processing them.

Ключевые слова: лен, техническая конопля, структура, морфология, целлюлоза, пряжа, ткани, нетканые материалы, трикотажные изделия.

Keywords: flax, industrial hemp, structure, morphology, cellulose, yarn, fabrics, non-woven materials, knitwear.

Как известно, одним из факторов развития экономики и обеспечения национальной безопасности любой страны является внедрение передовых технологий. Преимущество страны в технологической сфере обеспечивает ей приоритетные позиции на мировых рынках, способствует укреплению стратегической и экономической безопасности.

Производство текстильной и легкой промышленности должна отвечать самым высоким требованиям с точки зрения комфорта, надежности, долговечности, экологичности и дизайна. В этом плане при производстве смесовых текстильных материалов серьезное внимание должно быть уделено процессу разработки ассортимента текстильных материалов и процессу их изготовления на современном высокопроизводительном оборудовании. В настоящее время текстильная промышленность разрабатывает новые виды текстильных

материалов, полнее отвечающих современным требованиям. Обновление ассортимента способствует лучшему удовлетворению потребностей населения в условиях постоянного повышения требований к их качеству. В значительной степени обновлению ассортимента способствуют внедряемые в практику новые виды сырья и прогрессивные технологические процессы, а также изменчивость моды.

С древних времен и до конца XIX века единственным сырьем для производства текстильных материалов служили натуральные волокна, которые получали из различных растений. Сначала это были волокна дикорастущих растений, а затем волокна культурных: льна и конопли.

В последние годы мировой сырьевой рынок постепенно возвращается к производству продукции из этих волокон, природные свойства которых позволяют придавать вырабатываемой из них продукции

гигиенические, медико-биологические и защитные свойства.

Одно из ведущих мест в экономике многих стран традиционно занимало производство и переработка льна. В начале XX столетия Россия была ведущей державой в мире по объемам производства льноволокна и продукции из этого вида сырья. Общий валовой сбор льняного сырья (в пересчете на волокно) вплоть до 1990 г. превышал 350 тыс.т. В настоящее время он составляет около 50,0 тыс.т. Примерно в тех же пропорциях снизилось производство льняных тканей и изделий.

Лен – высокоэффективная культура, способная повысить рентабельность производства и улучшить финансовое положение сельскохозяйственных организаций по возделыванию льна и по его первичной переработке, производителей качественной продукции из льна, полностью задействовать производственные мощности промышленных предприятий, наполнить рынок конкурентоспособной экологически безопасной продукцией отечественного

производства и решить проблему занятости населения градообразующих льноперерабатывающих регионов.

На протяжении многих веков лен для России являлся важной составляющей российского экспорта и основной статьёй наполнения государственной казны. Значимость льна для экономики страны была оценена Петром I, которым лично был подписан Первый российский стандарт – стандарт на лен.

Волокно конопли – одно из наиболее крепких и выносливых среди остальных растительных волокон. Оно обладает повышенным сопротивлением ультрафиолетовому излучению, микробиологическому разрушению и к погодным воздействиям.

Несмотря на то, что оба эти волокна относятся к лубяным, имеются и различия между ними, что несомненно отражается на их переработке и области применения.

В табл. 1 представлены основные характеристики волокон льна-долгунца и технической конопли (среднерусской) [1].

Т а б л и ц а 1

Наименование характеристик	Лен	Конопля
Длина технического волокна, мм	500...750	700...1500
Линейная плотность технического волокна, текс	5...8	8...40
Средняя длина элементарного волокна, мм	15...26	15...25
Максимальная длина элементарного волокна, мм	130	65
Размер поперечного сечения элементарных волокон, мкм	12...20	14...50
Средняя линейная плотность элементарных волокон, мтекс	200...350	220...440
Удельный вес, г/см ³	1,43...1,5	1,48...1,5
Показатель толщины, мм ²	0,11...0,22	0,13...0,29
Средний коэффициент прозенхимности	1000...1500	600...1000
Среднее удлинение при разрыве, %	2,2...2,8	2,2...3,0
Влажность волокна, % при относительной влажности воздуха 60 %	10,0	16,3
при относительной влажности воздуха 90 %	10,8	18,5

П р и м е ч а н и е. Коэффициентом прозенхимности называется число, характеризующее отношение длины элементарного волокна к его поперечному сечению.

В табл. 2 представлены основные показатели химического состава льняного и

пенькового волокна [1...4].

Т а б л и ц а 2

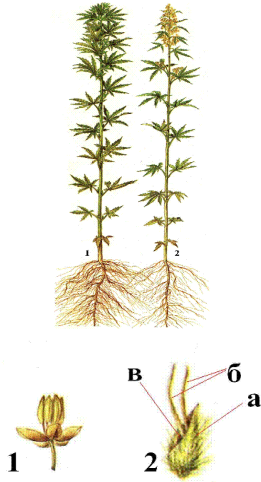

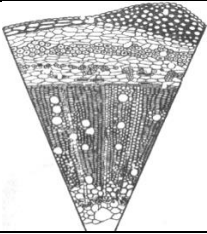
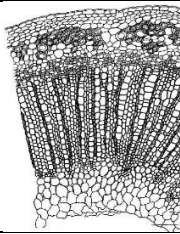
Составные части	Содержание, %	
	лен-долгунец	конопля
Целлюлоза	75...82	73...77
Пектиновые вещества	2,0...5	0,9...8
Лигнин	2,0...5,2	3,7...9,5
Жировосковые вещества	2,0...3,0	0,6...0,8
Минеральные вещества	0,7...1,1	0,8...1,2



В связи с наличием во льне примесей нецеллюлозного характера, и, в частности, лигнина, лубяные волокна характеризуются повышенной по сравнению с хлопком устойчивостью к действию влаги, температуры и микроорганизмов, света и светопогоды. Вместе с тем лигнин неустойчив к действию растворов щелочей, особенно при повышенных температурах. Вследст-

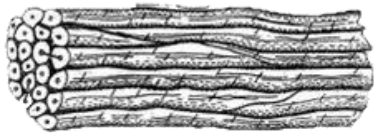

вие этого происходит быстрый щелочной гидролиз лигнина и расщепление комплексных лубяных волокон на элементарные. В изделиях из льна это приводит к снижению их прочности, массы и ухудшению других свойств [5].

Сравнительный анализ льняного и конопляного волокон представлен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Оцениваемая характеристика	Конопля	Лен
Ботаническое описание	Конопля обыкновенная (<i>Cannabis sativa</i>) - однолетнее лубоволокнистое растение - рода <i>Cannabis</i> семейства коноплевых (<i>Cannabaceae</i>).	Лен принадлежит к семейству льновых (лат. <i>Linaceae</i> Dumort). В это семейство входит 22 рода, из которых для практических целей используется один род (лат. <i>Linum Tourn</i>). Род включает свыше 200 видов, из которых основное хозяйственное значение имеет культурный лен (лат. <i>Linum usitatissimum</i>)
Внешний вид растения		
Поперечный разрез стебля		
Основные группы концентрических слоев	кора-камбий-древесина-сердцевина	кора-древесина-сердцевина
Коровый слой (кора)	как группа тканей, представляет особый интерес, так как в ней залегает волокно	только первичное (камбиальное) волокно
	как первичное (перезиклическое), так и вторичное (камбиальное)	
Камбиальный слой (камбий)	формирует вторичные лубяные волокна конопли; характеризует прирост толщины стебля	формирует лубяные волокна льна

<p>Древесный слой (древесина)</p>	<p>занимает срединное положение между сердцевинной и корой, точнее, камбиальным слоем. Древесина является как бы скелетной частью организма. При первичной обработке тресты и соломы древесина отходит в виде кострики или костры.</p> <p>В нижней части стебля древесина утолщается, и тем самым в этом месте увеличивается прочность растения.</p> <p>Удельный вес древесины около 60% от общего веса стебля конопля. Древесина представляет собой мощный слой древесных волокон (состоящих из грубых, в большинстве случаев толстостенных клеток), сходных по строению и по биологическому значению с волокнами лубяными, но отличающихся от последних по своим свойствам и основным микрохимическим реакциям. Древесные сосуды имеют неравномерные размеры. Этой разной величиной сосудов конопляный стебель анатомически отличается от льняного.</p>	<p>Костра составляет 57...70 % массы лубяного стебля и в основном состоит из целлюлозы (45...58 %), лигнина (21...29 %) и пентозанов (23...26 %).</p> <p>Хотя она содержит больше зольных веществ, чем древесная щепа, льняная костра пригодна для производства топливных брикетов или пеллет.</p>
<p>Сердцевинный слой (серцевина)</p>	<p>Центральная часть стебля занята сердцевинной тканью (нежной, рыхлой тонкостенной), причем это заполнение бывает только у молодых растений. Ко времени цветения она постепенно ссыхается и прилегает с внутренней стороны к стенкам древесины стебля, внутри которого таким образом образуется полость</p>	
<p>Внешний вид лубяных волокон</p>		
<p>Техническое волокно</p>	<p>Техническое волокно конопля, состоит из большого количества элементарных волокон, объединенных в лубяные пучки. Лубяные волокна переплетены между собой и склеены в пучки пектином.</p>	<p>Основную ценность представляют волокнистые пучки, расположенные кольцеобразно в коре стебля, имеющие различные очертания и состоящие из волокон, плотно или рыхло расположенных в пучке.</p>
	<p>Волокна в пучке расположены рыхло и перемежаются клетками паренхимы. Лубяные волокна (или лубяная паренхима) могут быть двоякого происхождения: - первичными (или перициклическими) - они возникают из перицикла и залегают в перицикле (у льна перициклические волокна отсутствуют); - вторичными (камбиальными) - волокна появляются позже</p>	<p>Техническое волокно (волокнистые пучки) состоит из элементарных волокон, склеенных между собой пектином, воском, лигнином.</p> <p>Длина технических волокон 600...1000 мм. Льняные комплексы обладают неоднородным строением, неравномерной толщиной, а также неодинаковой плотностью прилегания растительных клеток.</p>

	<p>в процессе роста стебля, т.е. являются продуктом деятельности вторичной генеративной или производительной ткани самого стебля - камбия.</p> <p>Первичные волокна возникают за счет роста стебля в высоту, вторичные образуются за счет прироста из камбия, т.е. за счет прироста стебля в толщину. Вторичные волокна находятся преимущественно в нижней части стебля, в то время как первичные располагаются по всей длине стебля. Сверху стебля клетки лубяных волокон (лубяных пучков) располагаются гуще, снизу - реже.</p> <p>Вторичные волокна в наиболее старых прикорневых частях стебля располагаются кольцами и образуют второе, третье, иногда даже большее число колец. Все они, как образовавшиеся за счет прироста камбия, носят название вторичных лубяных пучков и располагаются, по сравнению с лубяными пучками первого образования, ближе к центру, т.е. к древесине; при этом, чем моложе кольцо вторичных волокон, тем ближе оно расположено к древесине, самое же молодое вплотную прилегает к камбию.</p> <p>Волокнистая часть стебля конопли отделяется от древесины по камбию, а не по внутренней поверхности пучков, как у льна.</p>	<p>Эти пучки волокон тянутся параллельно оси стебля по всей его длине.</p>  <p>Число элементарных волокон в пучке и число пучков чаще бывают наибольшим примерно на уровне 1/3 высоты стебля от основания. Элементарные волокна соединены в пучке так, что концы отдельных волокон находятся на неодинаковой высоте, что обуславливает прочность пучка. Волокнистые пучки связаны один с другим элементарными волокнами, переходящими из одного пучка в другой. Элементарные волокна сдвинуты вдоль пучка и их концы как бы вклиниваются между соседними. Местами волокнистые пучки (технические волокна) склеиваются между собой, образуя сетчатую структуру (анастомоз).</p> <p>В среднем в стебле льна содержится 300...700 элементарных волокон, которые образуют 20...30 пучков с числом элементарных волокон в каждом из них от 10 до 25.</p>
	<p>Отделенную волокнистую часть конопли можно после частичной мацерации разделить на две составляющие, содержащие отдельно первичные и вторичные волокна. У конопли пучки волокон, в отличие от льняных, менее выровненные по размерам. Лубяные волокна вторичного кольца более деревянистые, так и менее эластичные. Они короче первичных и соединены в меньшие пучки.</p>	<p>Волокнистая часть стебля льна отделяется по внутренней поверхности пучков.</p>
<p>Элементарное волокно:</p>	<p>Элементарное волокно представляет собой отдельную вытянутую, закрытую с обоих концов клетку с утолщенными стенками, имеющую внутри полость.</p> 	
	<p>По своей структуре конопляное волокно напоминает волокна льна, но канал пеньковых волокон существенно шире льняного волокна.</p>	<p>Концы этой клетки и поперечное сечение могут быть разными. Как правило, элементарное волокно льна веретенообразной формы с толстыми стенками и узким каналом.</p>
<p>- форма/поперечное сечение элементарного волокна</p>	<p>Волокна имеют слабо граненую или извилистую форму. В поперечном сечении элементарное волокно конопли многоугольное, часто с двойной слоистостью.</p>	<p>Форма элементарных волокон в поперечном сечении различна – от неправильной округлой, овальной до многоугольной, но чаще пятиугольной.</p>

- длина элементарного волокна	Длина элементарных волокон составляет от 1 до 10 см. Обычный их размер - 3,5...4,5 см. Первичные волокна льна и конопли относятся к числу наиболее длинных клеток. Вторичные волокна конопли значительно короче.	Длина элементарного волокна льна-долгунца имеет диапазон от 4 до 70 мм, в большинстве случаев составляет 15...40 мм (в среднем 25 мм). Показатели длины элементарного волокна увеличиваются от комля к вершине.
- стенки и канал элементарного волокна	Элементарное волокно конопли имеет утолщенные стенки и широкий канал	Элементарные волокна льна имеют толстые стенки и узкий канал

Из табл. 1...3 следует, что строение стебля и большинство характеристик элементарных волокон льна-долгунца и конопли (среднерусской) приближены друг к другу и могут быть рассмотрены как взаимозаменяемые в текстильном производстве или выступать в качестве дополнительного источника сырья для различных направлений [6].

Конопля по определению некоторых международных экспертов становится одной из главных культур XXI века.

В настоящее время возникла необходимость восстановления производства пенькового волокна, что диктуется свойствами этого волокна.

Схема переработки технической конопли и продукции из нее, которая практически аналогична схеме переработки технологического цикла производства льна-долгунца, представлена на рис. 1 [7].

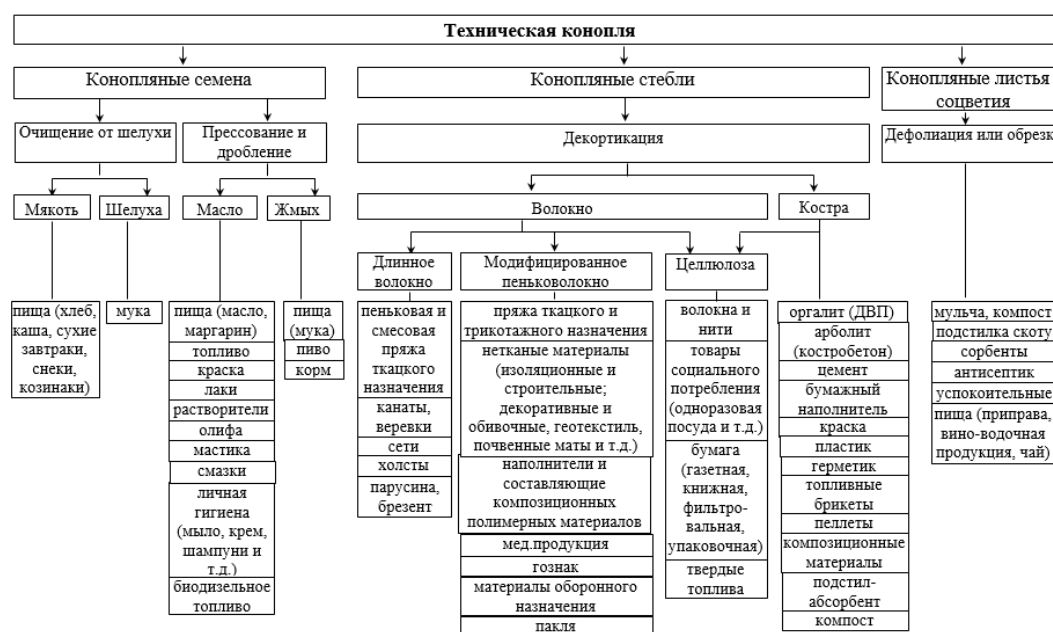


Рис. 1

За рубежом выпускается более трехсот видов изделий из конопли. Это популярнейшее сырье для медицинской, текстильной, легкой, пищевой, косметической, бумажной, строительной, авиационной, топливной и других отраслей промышленности.

Конопляное семя является источником ценных продуктов – альфа- и гамма-лино-

леновых кислот, витаминов, которые входят в состав масла и используются для профилактики и лечения целого ряда заболеваний – сердечных, онкологических и других.

Зарубежные страны из волокна конопли вырабатывают пеньковую пряжу, ткани и швейные изделия. Секрет получения мягких конопляных тканей принадлежит двум странам – Франции и Австралии.

В последние годы мировой опыт свидетельствует, что применение пеньки в текстиле особенно эффективно в смеси со льном, хлопком и химическими волокнами для выработки некоторых групп бытовых тканей, используемых для пошива одежды, которая всегда пользовалась популярностью у населения.

В настоящее время в Китае выведен новый сорт конопли, получивший название "ханьма", который является абсолютно безвредным растением, по заявлению китайских специалистов. Эксперты предполагают, что спрос на новые ткани, изготовленные из данного сорта конопли, будет ежегодно расти, несмотря на то, что цена на новую коноплю на международном рынке в два раза превышает цену на хлопок. Однако выгодным преимуществом волокна пеньки, получаемого из конопли "ханьма" и новейших тканей, выработанных из нее, являются высокие гигиенические показатели по сохранению тепла, впитыванию влаги, пропусканию кислорода и экологической безопасности населения в целом.

В докладе китайской пеньковой компании Yunnan Industrial Hemp Inc. отмечалось, что в Китае пеньковое волокно находит широкое применение в автомобильной промышленности, а также применяется при армировании пластмасс, используемых для оконных рам и напольных покрытий, внутренней и внешней отделки.

Немецкая фирма Badische Naturfaseraufbereitung GmbH (BaFa), специализирующаяся на производстве пеньки, сообщила о положительном опыте выращивания нового сорта пеньки в Нидерландах – "хамелеон", обеспечивающего хорошую урожайность и дающего возможность получать светлое волокно с хорошей декортизацией. Главными сферами применения пеньковых волокон этой фирмы является промышленность изоляционных материалов и автомобилестроение.

Также в России в 2020-2021 гг. были зарегистрированы новые сорта технической конопли "Роман" и "Милена", обладающие улучшенными свойствами и пригодными для использования в текстильной, целлюлозной и пищевой промышленности [8].

На международной конференции в г. Хюрт был проявлен большой интерес к пеньке для технических целей со стороны многих отраслей, включая промышленность пластмасс и армированных материалов, автомобильную, мебельную и строительную, бумажную и текстильную.

Перечисленные области применения конопли не исчерпываются этим списком. Так, стебли конопли идут на производство строительных цементоволокнистых плит, а семена конопли – на производство пищевого и технического масел. Пищевое масло используется для профилактики и лечения целого комплекса заболеваний (сердечных, онкологических и других), а техническое масло – в качестве топлива вместо дизельного.

Из продуктов отжима получают пищевую муку и корма для откармливания птицы, домашних животных и скота. Всего же, по данным зарубежной литературы, из конопли можно изготовить до 25 тысяч видов продукции.

Многие китайские фирмы, например Green China Group, представляют широкий спектр продукции – спортивную и повседневную одежду, водонепроницаемую ткань, прочную и удобную обувь. Hemp Valley – немецкая компания, специализирующаяся на производстве и продаже трикотажных изделий и аксессуаров из конопляного текстиля, имеет представительства в Италии, Франции, Великобритании и Австрии, производственные мощности находятся в Китае.

Канада – страна, признающая легальным употребление медицинской конопли с 2001 года.

Сегодня во Франции из конопли изготавливают текстиль, масло и строительные материалы. В стране работает несколько крупных кооперативов по выращиванию конопли. На сегодняшний день конопля, как источник сырья, может успешно использоваться в текстильной (ткани и нетканые материалы) [9], целлюлозно-бумажной (целлюлоза), пищевой (конопляное масло, лекарства на основе конопляного масла) [10], строительной (теплоизоляционные материалы), автомобильной (композитные

материалы) [11] и других отраслях промышленности, а также при производстве биотоплива.

Коноплеводство всегда являлось традиционной отраслью сельского хозяйства многих регионов России. В настоящее время селекционными исследованиями занимаются в основном в Пензенской области и Краснодарском крае [13].

В России лидером отрасли является группа компаний "Коноплекс", которая с 2014 года успешно возрождает коноплеводство в стране, выпуская целую гамму экологически чистых пищевых продуктов, различные натуральные волокна и нетканые материалы, костробетон и строительные материалы.

Производством целлюлозы из лубяных культур занимается российская компания "Межотраслевой инновационный комплекс", реализующая совместный с Минпромторгом России проект в Пензенской области [12].

По данным прогноза агентства "Рослен" в России намечается рост валового сбора пенькового волокна, рис. 2.

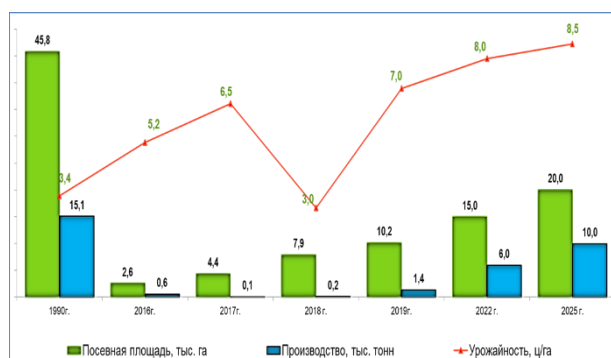


Рис. 2

Из изложенного следует, что увеличение посевов конопли и ее переработка в России может значительно расширить отечественную сырьевую базу для производства различных видов продукции. Природно-климатические условия Центральной, Западной части России и других регионов благоприятствуют развитию производства отечественного растительного сырья – конопли. В стране имеются подходящие площади для этого.

Разработка и промышленное освоение технологии модификации конопляного волокна позволят существенно расширить отечественную базу лубяных волокон для производства конкурентоспособных текстильных изделий технического и бытового ассортимента.

Таким образом, основные направления использования технической конопли можно обрисовать следующим образом:

- пищевое (методом холодного отжима из семян получают конопляное масло, обрубленное семя; на основе листьев и соцветий конопли изготавливают винно-водочную продукцию, в высушенном виде – используется в качестве холодного чая и является приправой для азиатской (иногда, европейской) кухни) [14];
- сельское хозяйство (мульча, компост, корм для птиц, животных, рыб);
- строительство (на основе костры производят строительные плиты, плиты для изготовления мебели, уплотнители и утеплители, гранулы для дорожного строительства, костробетон);
- энергетическое (топливный материал – брикеты или пеллеты. По своим теплотворным свойствам он вдвое превосходит древесину, к тому же является ежегодно возобновляемым ресурсом);
- медицинское и фармакологическое (перевязочные материалы, лекарственные препараты, эфирные масла);
- военное (порох);
- автомобиле- и самолетостроение (изоляционные, бикомпозитные материалы, биодизельное топливо);
- целлюлозно-бумажное (бумаги высшего сорта - бумага для банкнот и документов, папиросная и копировальная, а также бумага, используемая в производстве пакетиков для чая) [15];
- целлюлоза (разработаны и внедрены эффективные технологии выделения целлюлозы из конопли). В волокнах конопли целлюлоза является главной составляющей – ее содержание составляет примерно 65...77%. Во всем мире целлюлоза используется для производства бумаги и упаковочных материалов. Также применяется в текстильной, химической и парфюмерно-

косметической промышленности. Преимущество конопляной целлюлозы перед древесной заключается в качестве: выше прочность на растяжение и разрыв, белизна, меньшая плотность. Стоит принять во внимание, что бумага из конопли может быть переработана во много раз больше, чем бумага из дерева. Добывается из волокон и соломы конопли путем технической и химической обработки. Целлюлоза из длинного волокна используется, как правило, для изготовления высококачественной белой бумаги, специальной бумаги для сигарет и папирос, банкнот, а из соломы конопли без выделения костры добывают хемитермомеханическую целлюлозу, которая идет на производство бумаги для печати, упаковки и т.д. [16];

- текстильное. Применение конопляного волокна, в том числе котонизированного, в текстильной промышленности чрезвычайно широко – от изготовления мешочных тканей, холста, тонких тканей, аналогичных льну, до всевозможных крученых изделий.

Ткань из конопляных волокон обладает не только высокой прочностью, но и практически не гниет и не истлевает со временем. Еще одно уникальное свойство ткани из конопли – это ее антисептичность. Конопляная ткань – это не только полезно, но еще и красиво. Волокна конопли по природе своей пористые, они хорошо впитывают красители, а особые свойства растения позволяют удерживать цвет дольше всех других тканей. Результат – со временем вещи, сшитые из конопляной ткани, не выцветают. Ткань из конопли содержит естественные UV-фильтры, предотвращающие летом сгорание кожи. Все это сделало ткань из конопли объектом интереса современных дизайнеров.

Новым направлением, представленным на схеме, является получение модифицированного пенькового волокна путем котонизации.

Котонизированное пеньковое волокно возможно перерабатывать в смеси с хлопком и химическими волокнами, что позволит расширить ассортимент готовой про-

дукции, а также заменить импортный хлопок на отечественное сырье. Кроме того, получение из конопли целлюлозного (вискозного) волокна путем растворения и формирования позволит получать в России новое пополнение целлюлозных волокон типа Liocell, получаемых по бессероуглеродному способу за счет применения прямых растворителей целлюлозы, с более экономичным и экологичным процессом их производства по сравнению с вискозным волокном.

Уникальные свойства этих волокон, такие как высокая прочность в сухом и мокром состояниях, невысокая усадка в воде, гигроскопичность, низкая сминаемость, регулируемая фибриллизуемость, являются основой для создания на их основе качественно новых текстильных материалов и изделий. Кроме того, данные волокна с успехом используются в смеси с другими натуральными и химическими волокнами.

Волокна типа Liocell обладают большим инновационным потенциалом – дают возможность текстильным производствам разрабатывать материалы, которые на ощупь и визуально соответствуют шелку, шерсти или хлопку и составляют серьезную конкуренцию тканям из природных волокон.

Создавая необходимые структуры нанофибрилл, можно придавать новые функциональные свойства текстильным материалам из этого волокна. Например, гидрофильность, влагопроводимость, влагопоглощаемость, что способствует эффективному устранению роста бактерий.

Контролируемое фибриллирование позволяет создавать широкую гамму тканей с поверхностью, напоминающей замшу или персиковую кожу, или с гладкой шелковистой поверхностью.

Для того, чтобы эффективно перерабатывать пеньковое волокно в конкурентоспособные товары, необходимо возобновить научные исследования по созданию новых технологий по полному циклу технологического процесса от подготовки сырья до получения текстильных материалов. Этому будет посвящена последующая статья.

1. *Дорофеев В.В.* Разработка и исследование технологии получения модифицированных лубяных волокон на базе ударно-волнового воздействия: Дис....канд. техн. наук. – М., 2015.

2. <https://dereksiz.org/uchebnoe-posobie-po-odnoj-iz-bazovih-specialenih-disciplin-mat.html>.

3. https://gendocs.ru/v5590/контрольная_работа_материаловедение Строение и свойства целлюлозных волокон

4. <http://agrolib.ru/rasteniievodstvo/item/f00/s01/e0001121/index.shtml>

5. <https://otherreferats.allbest.ru/marketing/d00011497.html>
Изучение качественных показателей льняных тканей

6. *Марков В.В., Сулов Н.Н., Трифонов В.Г., Ипатов А.М.* Первичная обработка лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974.

7. *Лаврентьева Е.П., Дьяченко В.В.* Опыт хлопчатобумажной промышленности по переработке льняного волокна // Вестник Текстильлегпрома. – Осень 2019. С. 48...51.

8. <https://cyberleninka.ru/article/n/novyiy-sort-konopli-posevnoy-roman-dlya-tsellyulozno-bumazhnoy-promyshlennosti/viewer> и <https://cyberleninka.ru/article/n/novyiy-sort-konopli-posevnoy-milena/viewer>

9. <http://tku.org.ua/view-news/textile>

10. <http://tku.org.ua/view-news/meals>

11. <http://tku.org.ua/view-news/building>

12. https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!minpromtorg_zaklyuchil_pervoe_promyshlennoe_koncessionnoe_soglasenie

13. http://ria.ru/beznazko_news/20110923/442399390.html

14. <http://tku.org.ua/uk/news/sposoby-ispolzovaniya-listev-i-socvetiy-konopli-v-kachestve-produkta-pitaniya>

15. <https://www.mpz-insar.ru/history> – Русская пенька

16. http://konoplex.ru/promyshlennost_i_selskoye_khozyaystvo/

1. Dorofeev V.V. Razrabotka i issledovanie tekhnologii polucheniya modifitsirovannykh lubyanykh volokon na baze udarno-volnovogo vozdeystviya: Dis....kand. tekhn. nauk. – М., 2015.

2. <https://dereksiz.org/uchebnoe-posobie-po-odnoj-iz-bazovih-specialenih-disciplin-mat.html>.

3. https://gendocs.ru/v5590/kontrol'naya_rabota_materialovedenie Stroenie i svoystva tsellyuloznykh volokon

4. <http://agrolib.ru/rasteniievodstvo/item/f00/s01/e0001121/index.shtml>

5. <https://otherreferats.allbest.ru/marketing/d00011497.html>
Izuchenie kachestvennykh pokazateley l'nyanykh tkaney

6. *Markov V.V., Suslov N.N., Trifonov V.G., Ipatov A.M.* Pervichnaya obrabotka lubyanykh volokon. – М.: Legkaya industriya, 1974.

7. Lavrent'eva E.P., D'yachenko V.V. Opyt khlopchatobumazhnoy promyshlennosti po pererabotke l'nyanogo volokna // Vestnik Tekstil'legproma. – Osen' 2019. S. 48...51.

8. <https://cyberleninka.ru/article/n/novyiy-sort-konopli-posevnoy-roman-dlya-tsellyulozno-bumazhnoy-promyshlennosti/viewer> и <https://cyberleninka.ru/article/n/novyiy-sort-konopli-posevnoy-milena/viewer>

9. <http://tku.org.ua/view-news/textile>

10. <http://tku.org.ua/view-news/meals>

11. <http://tku.org.ua/view-news/building>

12. https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!minpromtorg_zaklyuchil_pervoe_promyshlennoe_koncessionnoe_soglasenie

13. http://ria.ru/beznazko_news/20110923/442399390.html

14. <http://tku.org.ua/uk/news/sposoby-ispolzovaniya-listev-i-socvetiy-konopli-v-kachestve-produkta-pitaniya>

15. <https://www.mpz-insar.ru/history> – Russkaya pen'ka

16. http://konoplex.ru/promyshlennost_i_selskoye_khozyaystvo/

Рекомендована кафедрой текстильных технологий РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 22.04.22.

УДК 677.025

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_140

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОГО КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА
ПЛАТИРОВАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ
С УЛУЧШЕННЫМИ ГИГИЕНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ***

**EXAMINATION OF HYBRID PLATED JERSEY FABRICS
WITH IMPROVED HYGIENIC PROPERTIES**

Д.И. БЫКОВСКИЙ, А.В. ЧАРКОВСКИЙ, А.С. ДЯГИЛЕВ, Е.М. ЛОБАЦКАЯ

D.I. BYKOVSKI, A.V. CHARKOVSKIJ, A.S. DYAGILEV, E.M. LOBATSKAJA

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State University of Technology, Republic of Belarus)

E-mail: denisbykouskij@yandex.ru

Гибридный трикотаж – это трикотаж, содержащий элементы петельной структуры, образованные из нитей (пряжи) разного вида, волокнистого состава. Простейшим видом гибридного является трикотаж платированных переплетений. Рассмотрены особенности прокладывания нитей на модернизированной однофонтурной кругловязальной машине "AUTOSWIFT" для получения платированного трикотажа. Были изготовлены экспериментальные образцы гибридного трикотажа платированного переплетения. В образцах скомбинированы между собой гидрофильные и гидрофобные виды сырья. Измерены гигроскопичность и капиллярность образцов, построены их кривые увлажнения. Построены 3D-модели образцов. В результате проведенных исследований показана целесообразность использования платированных переплетений для получения гибридного трикотажа с повышенными гигиеническими свойствами. Предложено для создания изнаночной влагопринимательной прилегающей к коже стороны трикотажа использовать гидрофобные мультифиламентные полиэфирные нити. Лицевую влаговпитывающую сторону трикотажа предложено формировать из гидрофильной хлопчатобумажной или льняной пряжи.

Hybrid knitted fabrics contain elements of a knitted loop structure, formed from various raw materials, types of yarn. Plated knitted fabric is the simplest type of hybrid knitted fabric. The threading feature of plated knitted fabric production on an

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства образования Республики Беларусь ГР № 20211366 на тему «Разработка библиотеки для 3D-моделирования многослойного гибридного трикотажа управляемой структуры».

upgraded single jersey circular knitting machine "AUTOSWIFT" are considered. Experimental samples of plated knitted fabrics were made. The samples contain a combination hydrophilic and hydrophobic types of raw materials. Hygroscopicity and capillarity of the samples were measured, and their moisture content curves were plotted. 3D models of the samples of the plated knitted fabrics were created. The expediency of using plated knitted fabrics to improve hygienic properties of the products was shown. Hydrophobic multifilament polyester yarn was recommended to produce the moisture transferring layer of the fabric. Hydrophilic cotton yarn and linen yarn were recommended to produce the front moisture-absorbing layer of the fabric.

Ключевые слова: гибридный трикотаж, платированное переплетение, гигроскопичность, капиллярность, 3D-модель, гидрофобные виды сырья, гидрофильные виды сырья, однофонтурная кругловязальная машина.

Keywords: hybrid knitted fabric, plated knitted fabric, hygroscopicity, capillarity, 3D model, hydrophilic types of raw materials, hydrophobic types of raw materials, circular single-needle bar machine.

Гибридные текстильные материалы сочетают в себе нити, волокна из разных видов сырья. Благодаря этому можно совмещать полезные свойства различных нитей, волокон для целенаправленного формирования функциональных свойств изделий. Одним из видов гибридных текстильных материалов является гибридный трикотаж.

Гибридный трикотаж – это трикотаж, содержащий элементы петельной структуры, образованные из нитей (пряжи) разного вида, волокнистого состава. В последние годы интенсивно разрабатываются технологии целенаправленного формирования трикотажа путем сочетания в его структуре различных по свойствам нитей [1...3].

Для создания трикотажа с повышенными гигиеническими свойствами (белье, спортивные изделия, маски медицинские и т. д.) в структуре трикотажа формируют две стороны из разных нитей. Изнаночная прилегающая к телу сторона состоит из гидрофобных (не впитывающих влагу) синтетических нитей. Эти нити, не впитывая влагу, передают ее на лицевую испаряющую сторону, сформированную из гидрофильных (впитывающих влагу) нитей. С лицевой испаряющей стороны влага испаряется в окружающее пространство. Таким образом, создается эффект "сухости" изделия в условиях повышенного потоотделения.

Свойства трикотажа в определенной степени зависят от вида переплетения.

На рис. 1 приведена схема структуры одинарного кулирного трикотажа платированного гладкого переплетения.

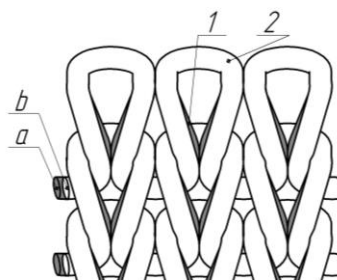


Рис. 1

Петли образованы из двух нитей: грунтовой а и платировочной b. Платировочная нить образует петли 2 на лицевой стороне, а грунтовая – петли 1 на изнаночной стороне трикотажа [4].

Трикотаж платированных гладких переплетений вырабатывается путем прокладывания на иглы вязальной машины и провязывания не менее двух систем нитей: грунтовой и платировочной.

Нити прокладываются на иглы так, чтобы на лицевую сторону трикотажа выходила платировочная нить. Расположение грунтовой и платировочной нитей в остовах петель трикотажа определяется поло-

жением нитей в крючке иглы при выполнении операций петлеобразования.

Независимо от типа игл (язычковых, составных, крючковых) нить, расположенная при выполнении операции "соединение" в головке иглы ближе к ее стрелю, выходит на лицевую сторону трикотажа, а нить, расположенная ближе к крючку иглы, – на изнаночную сторону – это общее правило получения трикотажа платированных переплетений [4].

В лаборатории кафедры технологии текстильных материалов УО "ВГТУ" установлена однофонтурная кругловязальная машина малого диаметра "AUTOSWIFT", модернизированная с целью получения трикотажа платированных переплетений. Исследованы особенности прокладывания обеих нитей на модернизированной машине. Вначале рассмотрим наиболее общий случай нитеподачи на однофонтурной кругловязальной машине при расположении игл по образующей круглой игольницы произвольного радиуса R и подаче нити из точки H , не совпадающей с координатными плоскостями (рис. 2).

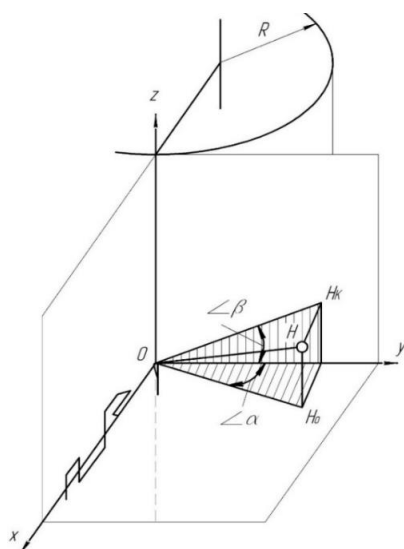


Рис. 2

Плоскость YOZ – касательная к образующей игольницы в том месте, где крючок иглы, захватив нить, опустится до уровня отбойной плоскости.

Тогда плоскость YOX совпадает с отбойной плоскостью, а плоскость XOZ является радиальной плоскостью, проходящей через продольную плоскость иглы. Спроек-

тировав нить OH на отбойную и касательную плоскости, получим углы между ее проекциями и осью OX :

1) угол наклона нити к отбойной плоскости, в которой расположены петли трикотажа, – петельный угол подачи нити β ;

2) угол приближения нити к касательной плоскости, показывающий, как далеко расположена нить от игл, – игольный угол подачи нити α .

Петельный и игольный углы подачи нити являются параметрами нитеподачи и характеризуют условия взаимодействия нити с крючками игл [5].

На рис. 3 приведена фотография, иллюстрирующая схему подачи нити на однофонтурной кругловязальной машине малого диаметра "AUTOSWIFT".

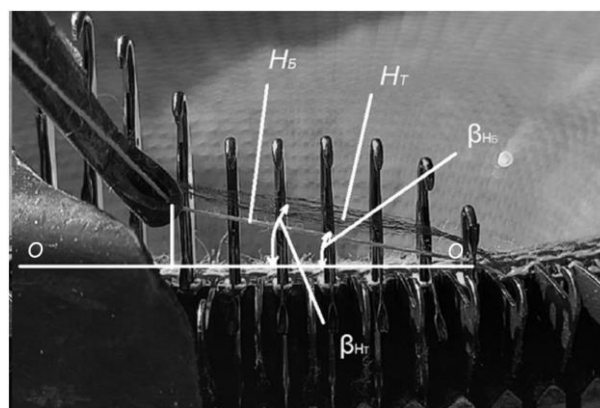


Рис. 3

На иглы подаются две нити: темная H_t и белая H_b . Линией $O-O$ обозначена отбойная плоскость. При этом петельный угол подачи темной нити больше петельного угла подачи белой нити:

$$\beta_{H_t} > \beta_{H_b}.$$

При вынесении нити под крючок иглы нить, подаваемая под большим петельным углом, то есть темная нить H_t , расположится ближе к крючку иглы, и петля из нее в соответствии с общим правилом получения трикотажа платированных переплетений должна выйти на изнаночную сторону.

Экспериментальная выработка трикотажа показала, что в полученном трикотаже нить H_t образует петли на лицевой стороне,

что противоречит выше приведенным рассуждениям. Для установления истинной причины расположения нити H_T на лицевой стороне трикотажа рассмотрим игольные углы подачи обеих нитей.

На рис. 4 приведена фотография, показывающая игольные углы подачи нитей H_T , H_B .

Линией $O'1-O'2-O'3$ обозначена касательная плоскость.

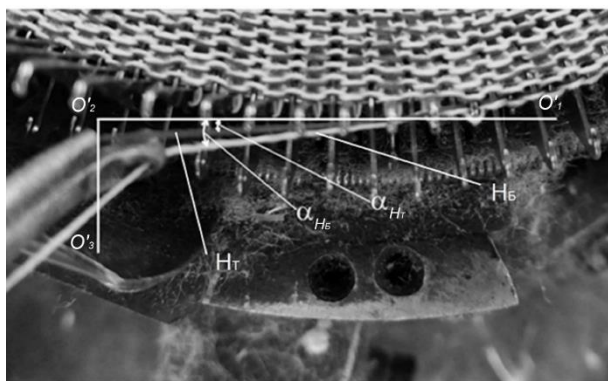


Рис. 4

Игольный угол подачи нити H_T меньше игольного игла подачи H_B :

$$\alpha_{H_T} < \alpha_{H_B} .$$

В этом случае при выполнении операций "вынесение" – "соединение" нить H_T , более приближенная к иглам, чем нить H_B , располагается ближе к стержню иглы и в соответствии с общим правилом получения трикотажа платированных переплетений должна выходить на лицевую сторону, так как это и произошло при экспериментальной выработке трикотажа. Таким образом, установлено, что решающее значение в данном случае имеет различие в игольных углах подачи обеих нитей, при этом игольный угол подачи платировочной нити должен быть меньше игольного угла подачи грунтовой нити, то есть должно соблюдаться условие:

$$\alpha_{II} < \alpha_{Г} .$$

Различие в петельных углах подачи (в данном случае $\beta_{II} < \beta_{Г}$) не имеет значения.

На однофонтурной кругловязальной машине "AUTOSWIFT" были изготовлены 16 вариантов экспериментальных образцов гибридного трикотажа платированного переплетения. В образцах скомбинированы между собой гидрофильные и гидрофобные виды сырья. В качестве гидрофильных выбраны льняная и хлопчатобумажная пряжа, в качестве гидрофобных – полиэфирные нити с числом филаментов 48 и 288. Вид сырья и линейная плотность нитей (пряжи) образцов трикотажных полотен представлены в табл. 1.

Гигроскопичность и капиллярность – важные свойства текстильных материалов, контактирующих с телом [3], [6], [7]. Проведены исследования гигроскопичности и капиллярности образцов трикотажных полотен, указанных в табл. 1, в соответствии с действующей нормативной документацией ГОСТ 3816–87.

Т а б л и ц а 1

№ п.п.	Вид и линейная плотность нитей, текс	
	Платировочная нить трикотажа	Грунтовая нить трикотажа
1	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Льняная пряжа 30 текс
2	Льняная пряжа 30 текс	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
3	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
4	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
5	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Льняная пряжа 30 текс
6	Льняная пряжа 30 текс	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
7	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
8	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
9	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Льняная пряжа 30 текс
10	Льняная пряжа 30 текс	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
11	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
12	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
13	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
14	Льняная пряжа 30 текс	Льняная пряжа 30 текс
15	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
16	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2

Также подобрана модель зависимости уровня влажности от времени и построены кривые увлажнения образцов в соответствии с ней. Для анализа данных использовался язык Julia [8], [9].

Указанная модель с высокой степенью достоверности аппроксимации описывает экспериментальные данные и согласуется со следующими теоретическими предположениями: в начале увлажнения фактическая влажность трикотажных полотен равна нулю; фактическая влажность трикотажных полотен асимптотически стремится к постоянной величине – предельной фактической влажности; скорость изменения фактической влажности максимальна в начальный момент времени и с течением времени стремится к нулю.

В соответствии с приведенными требованиями модель представляет собой дробно-рациональную функцию [10]:

$$W_{\Phi} = \frac{t}{b_0 + b_1 t}, \quad (1)$$

где W_{Φ} – фактический уровень влажности, %; t – время, прошедшее с начала испытания, мин; b_0 и b_1 – некоторые параметры модели. Через параметр b_1 модели (1) можно найти предельную фактическую влажность, %:

$$W_{\Pi} = \frac{1}{b_1}.$$

Скорость изменения фактической влажности, %/мин, можно найти с помощью параметра b_0 модели (1):

$$W_{\text{H}} = \frac{1}{b_0}.$$

На рис. 5 представлены наиболее показательные кривые увлажнения образцов 13, 14, 15 и 16 вариантов (таблица 1), в которых и платировочная, и грунтовая нить одинаковы по составу.

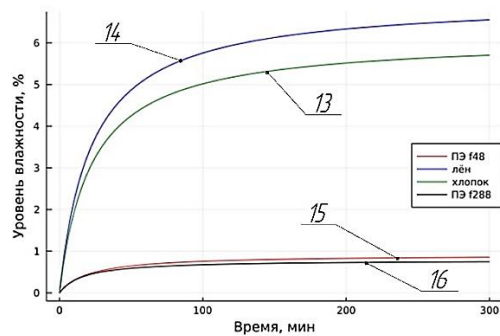


Рис. 5

В соответствии с ГОСТ 3816–87 измерялись фактические уровни влажности в моменты времени: 5, 30, 60, 240 мин после начала испытания. В соответствии со стандартом гигроскопичностью образцов считаются значения их уровней влажности в точках графиков, соответствующих 240 мин увлажнения. Максимальную гигроскопичность 6,5% имеет образец 14 варианта, состоящий из льняной пряжи. Несколько меньшую гигроскопичность 5,5% имеет образец 13 варианта, состоящий из хлопчатобумажной пряжи. Значительно меньшую гигроскопичность, менее 1%, имеет образец 15 варианта, состоящий из полиэфирных нитей с числом филаментов 48. Наименьшую гигроскопичность имеет образец 16 варианта, состоящий из полиэфирных нитей с числом филаментов 288.

Образцы вариантов 1...12 (табл. 1), кривые увлажнения которых не представлены на рис. 5, состоят из разных видов сырья: каждый – из двух. Их гигроскопичность находится в промежутке между значениями данного свойства у образцов, состоящих полностью из соответствующих видов сырья.

Полученные данные позволяют сделать вывод о целесообразности использования льняной пряжи в качестве платировочной нити для формирования лицевой влаговпитывающей испаряющей стороны трикотажа платированного переплетения с улучшенными гигиеническими свойствами. Также, учитывая цену сырья, целесообразно использовать хлопчатобумажную пряжу с близким уровнем гигроскопичности для формирования лицевой стороны. Изнаноч-

ную влагопринимающую сторону целесообразно формировать из мультифиламентных полиэфирных нитей с числом филаментов 288, так как их минимальная гигроскопичность позволяет обеспечить эффект "сухости" трикотажа. Полиэфирные нити с меньшим числом филаментов (48) хуже подходят для этой цели, потому что их гигроскопичность выше.

Для изнаночной влагопринимающей стороны важна способность передавать влагу на лицевую влагопитывающую испаряющую сторону. Таким образом, для эффективного выбора сырья помимо гигроскопичности важно учитывать капиллярность внутреннего влагопринимающего слоя.

На рис. 6 показана диаграмма капиллярности образцов 15, 16, состоящих из полиэфирных нитей с разным количеством филаментов.

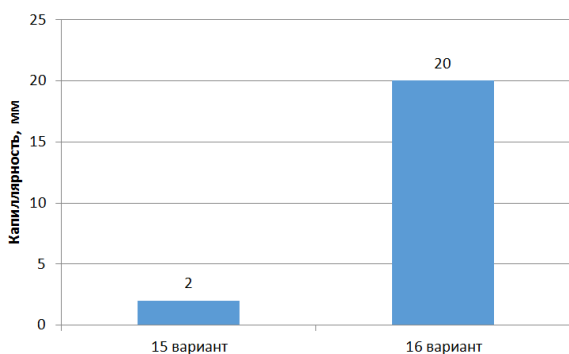


Рис. 6

Капиллярные свойства образца 16 варианта из мультифиламентных полиэфирных нитей с числом филаментов 288 значительно выше (в 10 раз), чем у образца 15 варианта из полиэфирных нитей с числом филаментов 48. Такую разницу можно объяснить наличием в нитях из 288 филаментов множества узких каналов между отдельными филаментами, которые позволяют жидкости эффективно двигаться по ним.

Исследования капиллярности также подтверждают целесообразность использования полиэфирных нитей с большим числом филаментов для формирования изнаночной влагопринимающей стороны, потому что помимо малой гигроскопичности они обеспечивают сравнительно эффектив-

ный отвод влаги от тела человека, что помогает усилить эффект "сухости" платированного трикотажа.

3D-моделирование структуры позволяет наглядно представить особенности строения, оценить физические свойства, внешний вид и другие характеристики трикотажа [3], [11...13]. В рамках данной работы с помощью разработанной авторами библиотеки для САПР КОМПАС-3D [14] осуществлено построение 3D-моделей гибридного трикотажа платированного переплетения всех исследованных вариантов.

3D-модель образца 4 варианта, состоящего из хлопчатобумажной пряжи и мультифиламентных полиэфирных нитей, представлена на рис. 7. На рис. 7-а представлен вид модели спереди, на рис. 7-б – вид сбоку.

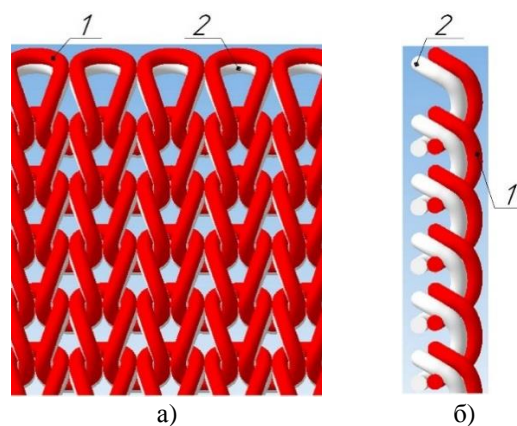


Рис. 7

3D-модель гибридного трикотажа наглядно показывает, что в трикотаже сформированы лицевая и изнаночные стороны из разных нитей. Лицевая сторона 1 состоит из петель, образованных из гидрофильной хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 36 текс. Изнаночная сторона 2 состоит из петель, образованных из гидрофобных полиэфирных нитей линейной плотностью 16,7 текс x 2. Петли одного слоя наложены на петли другого слоя (рис. 7-а) и тесно контактируют между собой (рис. 7-б). Для повышения гигиенических свойств изделий, изготовленных из гибридного кулирного трикотажа платированных переплетений, изнаночная сторона 2 должна быть обращена к источнику влаги, например, внутренняя поверхность белье-

вого изделия, обращенная к коже. В этом случае гидрофобная изнаночная сторона 2 является влагопринимательной, а гидрофильная лицевая сторона 1 – влаговпитывающей и влагоиспаряющей. Изнаночная гидрофобная сторона 2, благодаря капиллярным свойствам нитей с большим количеством филаментов, а также большой суммарной площади контакта с гидрофильной лицевой стороной, активно собирает и переводит влагу наружу в гидрофильную лицевую сторону 1. Важно отметить, что гидрофобная изнаночная сторона 2 в условиях повышенного выделения влаги (пота) не намочит, т. к. нити, ее составляющие, не впитывают влагу, а только передают ее наружу на лицевую влагоиспаряющую сторону, откуда она испаряется в окружающее пространство. Таким образом, создается эффект "сухости" изделия в условиях повышенного потоотделения. Благодаря тому, что лицевая влагоиспаряющая сторона выполнена из намокающих гидрофильных нитей, повышается интенсивность выведения и испарения влаги в окружающее пространство.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований показана целесообразность использования платированных переплетений для получения гибридного трикотажа с улучшенными гигиеническими свойствами. В таком трикотаже лицевая и изнаночная стороны образуются из различных нитей в процессе его формирования.

Для создания влагопринимательной прилегающей к коже стороны трикотажа целесообразно использовать гидрофобные мультифиламентные полиэфирные нити, обладающие достаточно высокой капиллярностью и низкой способностью впитывать влагу. Лицевую влаговпитывающую сторону целесообразно формировать из гидрофильной хлопчатобумажной или льняной пряжи, обладающей высокой способностью впитывать влагу.

Построена 3D-модель гибридного трикотажа платированного переплетения с изнаночной влагопринимательной стороной из

гидрофобных мультифиламентных полиэфирных нитей и лицевой влаговпитывающей стороной из гидрофильной натуральной пряжи. Модель наглядно представляет особенности структуры такого трикотажа. Анализ структуры подтверждает наши рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников Н.В. Исследование влаговыводящих свойств функциональных трикотажных полотен бельевого назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 1 (337). С. 15...17.
2. Катаева, С. Б., Немирова Л.Ф., Таипулатов С.Ш., Муминова У.Т., Жилисбаева Р.О. Исследование трикотажных полотен для термобелья повседневного использования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 5 (383). С. 154...158.
3. Charkovskij, A., Bykouski, D., Samoilov A. Development of the Lower Limb Stump Prosthetic Sock // AIP Conference Proceedings. – 2022, № 2430. P. 080001-1...080001-5.
4. Кудрявин, Л.А. Шалов, И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1991.
5. Марисова, О.И. Трикотажные рисунчатые переплетения. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
6. Zhou L., Zhang P.H. Shen W., Xie M.D. Fiber Hygroscopicity Affects Thermo-Moisture Comfort of Elastic Knitted Fabric // Advanced Materials Research. – 2011, V. 332-334. P. 731...734.
7. Çil M.G., Nergis U.B., Candan C. An Experimental Study of Some Comfort-related Properties of Cotton—Acrylic Knitted Fabrics // Textile Research Journal. – 2009, V. 79. P. 917...923.
8. Белов Г. В., Аристова Н.М. О возможностях использования языка программирования Julia для решения научных и технических задач // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия "Приборостроение". – 2020. № 2. С. 26...43.
9. Зырянов Д. М., Емельянов А.А., Лещенко К.С. Язык научных вычислений Julia // Оригинальные исследования (ОРИС). – 2020. № 9. С. 50...56.
10. Dyagilev A., Bykouski D., Charkovskij A., Holovenko T., Shovkomud A. Estimation of Hygroscopicity of Knitted Fabrics // AIP Conference Proceedings. – 2022, № 2430. P. 050003-1...050003-6.
11. Zhang A., Li X., Jiang G., Dong Zh., Cong H. 3-D simulation of double-bar plush fabrics with jacquard patterns // AUTEX Research Journal. – 2018, V. 18. № 3. P. 243...250
12. Xiong Y, Miao X, Zhang A, Jiang G. Computer simulation for warp knitted brushed fabric with patterned piles // Textile Research Journal. – 2016, V. 86. №15. P. 1659...1667.

13. Zhang A., Li X., Ma P., Xiong Y., Jiang G. 3D simulation model of warp-knitted patterned velvet fabric. // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2016, V. 28. № 6. P. 794...804.

14. Быковский Д. И., Чарковский А. В. Development of the library for 3D modeling and computer-aided design of plated knitted fabrics // Нанопроектирование, технология, компьютерное моделирование – NDTCS-2021 : Тезисы докладов XIX Международного симпозиума (Республика Беларусь, Минск, 28-29 октября 2021 года). – Минск, 2021. С. 88...89.

REFERENCES

1. Kolesnikov N.V. Issledovanie vlagovyvo-djash-hih svojstv funkcional'nyh trikotazhnyh poloten bel'evogo naznacheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, № 1 (337). S. 15...17.

2. Kataeva, S. B., Nemirova L.F, Tashpulatov S.Sh., Muminova U.T., Zhilisbaeva R.O. Issledovanie trikotazhnyh poloten dlja termobel'ja povse-dnevnogo ispol'zovaniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 5 (383). S. 154...158.

3. Charkovskij, A., Bykouski, D. Samoilo A. Development of the Lower Limb Stump Prosthetic Sock // AIP Conference Proceedings. – 2022, № 2430. P. 080001-1...080001-5.

4. Kudrjavina, L.A. Shalov, I.I. Osnovy tehnologii trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legprom-bytizdat, 1991..

5. Marisova, O.I. Trikotazhnye i risunchatye perepletieniya. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Leg-kaja i pishhevaja promyshlennost', 1984.

6. Zhou L., Zhang P.H. Shen W., Xie M.D. Fiber Hygroscopicity Affects Thermo-Moisture Comfort of Elastic Knitted Fabric // Advanced Materials Research. – 2011, V. 332-334. P. 731...734.

7. Çil M.G., Nergis U.B., Candan C. An Experimental Study of Some Comfort-related Properties of Cotton—Acrylic Knitted Fabrics // Textile Research Journal. – 2009, V. 79. P. 917...923.

8. Belov G. V., Aristova N.M. O vozmozhnostjah ispol'zovaniya jazyka programmirovaniya Julia dlja resheniya nauchnyh i tehniceskikh zadach // Vestnik Moskov-skogo gosudarstvennogo tehniceskogo universite-ta im. N. Je. Baumana. Serija "Priborostroenie". – 2020. № 2. S. 26...43.

9. Zyrganov D. M., Emel'janov A.A., Leshhenko K.S. Jazyk nauchnyh vychislenij Julia // Original'nye issledovaniya (ORIS). – 2020. № 9. S. 50...56.

10. Dyagilev A., Bykouski D., Charkovskij A., Holovenko T., Shovkomud A. Estimation of Hygroscopicity of Knitted Fabrics // AIP Conference Proceedings. – 2022, № 2430. P. 050003-1...050003-6.

11. Zhang A., Li X., Jiang G., Dong Zh., Cong H. 3-D simulation of double-bar plush fabrics with jacquard patterns // Autex Research Journal. – 2018, V. 18. № 3. P. 243...250

12. Xiong Y, Miao X, Zhang A, Jiang G. Computer simulation for warp knitted brushed fabric with patterned piles // Textile Research Journal. – 2016, V. 86. №15. P. 1659...1667.

13. Zhang A., Li X., Ma P., Xiong Y., Jiang G. 3D simulation model of warp-knitted patterned velvet fabric. // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2016, V. 28. № 6. P. 794...804.

14. Bykovskij D. I., Charkovskij A. V. Development of the library for 3D modeling and computer-aided design of plated knitted fabrics // Nanoproektirovanie, tehnologija, komp'juternoe modelirovanie – NDTCS-2021 : Tezisy dokladov XIX Mezhdunarodnogo simpoziuma (Respublika Belarus', Minsk, 28-29 oktjabrja 2021 goda). – Minsk, 2021. S. 88...89.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных материалов. Поступила 13.05.22.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРИАКСИАЛЬНОЙ ТКАНИ И ТКАНИ ОРТОГОНАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ

COMPARATIVE STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF TRIAXIAL FABRIC AND FABRIC WITH PLAIN WEAVE ORTHOGONAL STRUCTURE

Л.В. КОЖЕВНИКОВА, Т.Ю. КАРЕВА, С.О. КОЖЕВНИКОВ

L.V. KOZHEVNIKOVA, T.YU. KAREVA, S. O. KOZHEVNIKOV

(Ивановский государственный политехнический университет,
Ивановский государственный энергетический университет)

(Ivanovo State Polytechnic University,
Ivanovo State Energetic University)

E-mail: kozhevnikova@ivgpu.com

В работе исследованы образцы полотняного переплетения ткани классического ортогонального строения и новой триаксиальной структуры при условии равного материаловложения. Определено, что удлинение на разрыв по основе у образцов триаксиальной ткани больше, чем у образцов полотняного переплетения, в среднем на 11%, а разрывная нагрузка вдоль основных нитей – в среднем больше на 2,6%, что статистически значимо. При этом плотности по основе и по утку в триаксиальной ткани оказались немного ниже значений, полученных в образцах полотняного переплетения ткани классического строения. Проведенные исследования подтвердили более высокие показатели физико-механических свойств тканей неортогонального строения по сравнению с тканями ортогонального строения.

In the work samples of plain weave orthogonal structure and a new triaxial structure with equal investment of material are researched. It was determined that the elongation break on the warp of triaxial fabric samples is greater than samples of plain weave, on average by 11%, and the breaking load of the warp threads is on average more by 2.6%, which is statistically significant. Moreover, warp and weft densities in the triaxial fabric turn out to be a bit lower than the values of plain weave fabric samples of classical structure. The research confirmed the higher indices of physical and mechanical properties of non-orthogonal fabrics comparing with orthogonal fabrics.

Ключевые слова: ортогональная структура, неортогональная структура, триаксиальные ткани, разрывная нагрузка, прогнозирование разрывной нагрузки, удлинение ткани на разрыв.

Keywords: orthogonal structure, non-orthogonal structure, triaxial fabrics, breaking load, prediction of breaking load, break elongation of fabric.

Триаксиальные ткани – это ткани неортогонального строения, состоящие из двух систем основных нитей и одной системы

точных нитей. При этом нити основы располагаются в ткани под углом к утку, отличным от 90°. Была поставлена задача по

со-зданию триаксиальной ткани новой структуры с целью импортозамещения инновационной зарубежной продукции. Иностранные ограничительные меры западных стран действовали практически всегда, в том числе во время существования СССР. Новейший этап санкций против Российской Федерации затрагивает все передовые разработки, в том числе касающиеся тканей новых структур, триаксиальных, и технологического оборудования для их производства. В связи с этим в условиях научно-образовательного центра ИВГПУ разработаны новые структуры триаксиальных тканей базового полотняного переплетения [1].

В настоящее время наблюдается повышение спроса на композиционные материалы на основе тканых структур. Отдельным направлением здесь можно выделить композиционные материалы на базе триаксиальных тканей [2]. На современном этапе развития ткачества триаксиальные ткани являются материалами нового поколения. В композите слой триаксиальной ткани придает ему изотропные свойства. Очевидны преимущества использования триаксиальных тканей в композиционных материалах для авиационно-космической промышленности и военной техники.

Триаксиальными материалами занимаются многие отечественные и зарубежные ученые. Н. Доу сформулировал базисные положения для ткачества триаксиальных тканей. Им установлено, что изотропность, необходимую для технических материалов, парашютных полотен, могут обеспечить только триаксиальные ткани, которые при одинаковой с ортогональными тканями поверхностной плотностью выдерживают большую нагрузку на разрыв.

В ИВГПУ исследованы две структуры тканей: ткань классического (ортогонального) строения полотняного переплетения и разработанная ткань триаксиальной структуры, представленная на рис. 1. Исследовались различия нагрузок на разрыв вдоль основы ткани полотняного переплетения ортогонального строения и ткани триаксиальной неортогонального строения, сформированных из одинакового сырья и с равными заправочными данными. Как из-

вестно, ткань классического строения полотняного переплетения будет иметь неодинаковые показатели физико-механических свойств при воздействии в разных плоскостях даже при условии равных плотностей ткани по основе и утку и равных линейных плотностей используемых основных и уточных нитей.

Физико-механические свойства новой структуры триаксиальной ткани будут одинаковыми в разных направлениях при постоянстве угла наклона нитей основы по отношению к утку, равного 60° . Это условие выполнимо при равенстве плотностей нитей по основе и по утку, равномерном расположении систем нитей основы между собой и поддержании натяжения основных и уточных нитей.

В разработанной структуре ткани, представленной на рис. 1, основные нити перемещаются поперек ткацкого станка с шагом $k_1=2$ [1] и взаимодействуют между собой таким образом, что каждая из нитей основы за раппорт переплетения взаимодействует (переплетается) дважды со всеми нитями основы раппорта ткани. Все основные нити переплетаются с утком полотняным переплетением кроме мест, где образуется самоформирующаяся кромка.

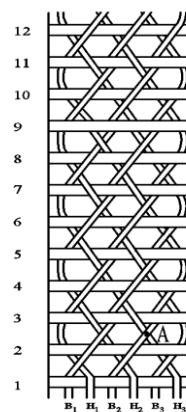


Рис. 1

Здесь нити основы обеих систем меняют направление своего движения и располагаются под двумя подряд идущими уточными нитями. В предлагаемой структуре ткани, в отличие от ткани классического строения, существуют точки А

(рис. 1) – это узлы взаимодействия нитей основы между собой, наличие которых оказывает влияние на повышение физико-механических свойств тканого полотна и его потребительские свойства.

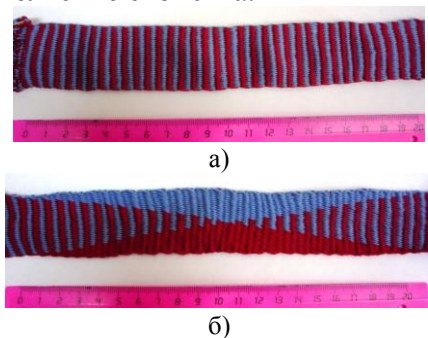


Рис. 2

Сотканы и исследованы на различия физико-механических свойств шесть образцов двух видов тканей: ткани классического строения и триаксиальной ткани. На рис. 2-а приведена фотография тканого образца полотняного переплетения, а на рис. 2-б – образец разработанной триаксиальной ткани. Взаимодействие нитей основы между собой в силу особенностей формирования триаксиальной ткани происходит между уточными нитями. При этом нити основы максимально изогнуты, а нити утка располагаются в ткани практически прямолинейно.

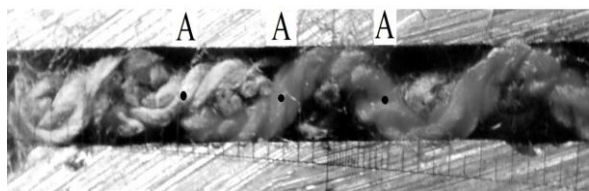


Рис. 3

На рис. 3 представлен разрез образца триаксиальной ткани вдоль основы (фотография при 10-кратном увеличении), на котором видны зоны взаимодействия основы между собой (точки А).

Фотография самосформированной кромки триаксиальной ткани показана на рис. 4. Здесь видно, что нити основы перемещаются из глубины полотна к кромке и наоборот.



Рис. 4

При выработке образцов исследуемых тканей выполнялись следующие условия:

1) число основных нитей было одинаковым для выполнения условия равного вложения нитей основы в образцы;

2) в основу и уток была введена одинаковая 100%-ная акриловая пряжа.

Формирование образцов тканей осуществлялось с обеспечением одинаковой плотности для образцов ортогонального и неортогонального строения. Однако по причине различий в строении тканей плотности по основе и утку отличались незначительно

Образцы тканей ортогонального и неортогонального строения были исследованы на разрывную нагрузку и удлинение вдоль основы, полученные результаты приведены в табл. 1. Испытания выполнялись на разрывной машине РТ-250.

Т а б л и ц а 1

Образцы, № п/п	Полотняное переплетение		Триаксиальное переплетение	
	удлинение, мм	разрывная нагрузка, кН	удлинение, мм	разрывная нагрузка, кН
1	55	0,825	65	0,845
2	50	0,820	55	0,850
3	55	0,825	60	0,840
Среднее значение	53,333	0,823	60,000	0,845

Из табл. 1 видно, что разрывное удлинение вдоль основы у образцов триаксиальной ткани больше, чем у образцов ортогонального строения, в среднем на 11%, а раз-

рывная нагрузка вдоль основных нитей – в среднем на 2,6%, что является статистически значимым [3]. У исследуемых образцов ортогонального строения полотняного пе-

реплетения плотность ткани по основе составила 101 нит./дм, а по утку – 34 нит./дм. А у образцов триаксиального переплетения плотности ткани по основе и по утку составили 99 нит./дм и 32 нит./дм, соответственно.

Как видно, плотности по основе и утку у образцов триаксиального строения оказались ниже, чем у ткани классического строения. Это связано с тем, что в структуре триаксиальной ткани есть узлы взаимодействия нитей основы между собой (рис. 1 и 4 точки А), которые требуют для себя дополнительного пространства. Однако, несмотря на меньшие значения плотностей у образцов ткани неортогонального строения, они имели более высокие показатели физико-механических свойств (табл. 1). Следует иметь в виду возможное увеличение значений разрывной нагрузки триаксиальной ткани в сравнении с тканями ортогонального строения при обеспечении оптимального угла наклона основы к утку, равного 60°.

В образцах триаксиальной ткани, полученных на стенде, величина угла наклона систем нитей основы к продольной оси ткани (к линии приложения растягивающей нагрузки) составила 5°, а к поперечной оси (к нитям утка) – 85° (рис. 3). Обеспечить оптимальный угол наклона нитей основы по отношению к нитям утка при формировании образцов не представилось возможным по причине несовершенства стенда с позиции требуемого натяжения основных и уточных нитей в процессе формирования ткани.

ВЫВОДЫ

1. Разработана структура триаксиальной ткани и получены ее образцы, что подтверждает состоятельность и реализуемость новой технологии и структуры триаксиальной ткани.

2. Проведены сравнительные испытания тканей ортогонального и неортогонального строения, в результате которых было подтверждено, что триаксиальные ткани в сравнении с тканями ортогонального строения имеют улучшенные физико-механические свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю., Кожевников С.О. Особенности структуры триаксиальной ткани // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и сервиса – 2016, №4. С.6...9.
2. Gilles Tchana Toffe, Sikiru Ismail, Diogo Montalva, Jason Knight, G.G. Ren. A Scale-up of Energy-Cycle Analysis on Processing Non-Woven Flax/PLA Tape and Triaxial Glass Fibre Fabric for Composites // Journal. Manuf. Mater. Process. – 2019, 3(4), 92; <https://doi.org/10.3390/jmmp3040092>
3. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука, 1981.
4. Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю. Прогнозирование разрывных нагрузок тканей ортогонального и неортогонального строения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №5. С.100...103.

REFERENCES

1. Kozhevnikova L.V., Kareva T.Yu., Kozhevnikov S.O. Osobennosti struktury triaksial'noy tkani // Vestnik molodykh uchenykh Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i servisa – 2016, №4. S.6...9.
2. Gilles Tchana Toffe, Sikiru Ismail, Diogo Montalva, Jason Knight, G.G. Ren. A Scale-up of Energy-Cycle Analysis on Processing Non-Woven Flax/PLA Tape and Triaxial Glass Fibre Fabric for Composites // Journal. Manuf. Mater. Process. – 2019, 3(4), 92; <https://doi.org/10.3390/jmmp3040092>
3. Sevast'yanov B.A. Kurs teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistiki. – M.: Nauka, 1981.
4. Kozhevnikova L.V., Kareva T.Yu. Prognozirovaniye razryvnykh nagruzok tkaney ortogonal'nogo i neortogonal'nogo stroeniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, №5. S.100...103.

Рекомендована заседанием ИЦ ТЛП. Поступила 31.03.22.

УДК 677.1/5:677.1/2:677.11:677.12:579:579.66
DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_152

**ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ КОТОНИЗИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА РАЗВИТИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ**

**INFLUENCE OF FIBROUS COTTONIZED MATERIALS
ON THE DEVELOPMENT OF MICROORGANISMS**

О.Ю. КУЗНЕЦОВ, Т.А. ШУТОВА, М.А. КИРИЛЕНКО, М.Г. ГОЛОВЛЕВ

O. YU. KUZNETSOV, T.A. SHUTOVA, M.A. KIRILENKO, M.G. GOLOVLEV

(Ивановская государственная медицинская академия,
ООО "Кашинский Льнокомбинат", г. Кашин Тверской обл.)

(Ivanovo State Medical Academy,
Kashin Flax Mill, Kashin, Tver region)

E-mail: olegkuz58@ya.ru

В статье представлены экспериментальные данные по оценке влияния волокнистых котонизированных материалов на развитие микроорганизмов, которые сложно исследовать в оценке антимикробной активности, поскольку они представлены отдельными переплетенными нитями, формирующими исследуемый образец. Эти образцы трудно распределить на агаризованной поверхности питательной среды для контакта с предварительно засеянной тест-культурой микроорганизмов, чтобы затем метрологически точно и правильно оценить результаты по наличию зон лизиса микробов. В работе был использован оригинальный нефелометрический метод определения оценки реакции микроорганизмов после их прямого контакта с исследуемыми образцами различных волокнистых материалов. В исследовании использовали различные тест - культуры микроорганизмов: Escherichia coli, Staphylococcus aureus и грибы рода Candida (C. albicans). Полученные данные по оценке антимикробной активности свидетельствуют о наличии различной степени ингибирования микроорганизмов в волокнистых материалах ООО "Кашинского Льнокомбината" (г. Кашин). В дальнейшем это позволит целенаправленно модифицировать и оценивать антимикробные свойства волокнистых котонизированных материалов для изготовления средств личной гигиены.

The article presents experimental data on the effect assessment of fibrous cottonized materials on the development of microorganisms, which are difficult to investigate in the assessment of antimicrobial activity, since they are represented by separate intertwined threads forming the sample under study. These samples are difficult to distribute on the agarized surface of the nutrient medium for contact with the

pre-seeded test culture of microorganisms, in order to evaluate the results by the presence of microbial lysis zones metrologically accurately and correctly. The work used the original nephelometric method for determining the evaluation of the reaction of microorganisms after their direct contact with the samples of various fibrous materials under study. Various test cultures of microorganisms were used in the study: Escherichia coli, Staphylococcus aureus and fungi of the genus Candida (C. albicans). The obtained data on the evaluation of antimicrobial activity indicate the presence of various degrees of inhibition of microorganisms in the fibrous materials of Ltd "Kashinsky flax Plant" (Kashin). In the future, this will allow to modify and to evaluate the antimicrobial properties of fibrous cottonized materials for the manufacture of personal care products.

Ключевые слова: микроорганизмы, антимикробное действие, волокнистые катонизированные материалы.

Keywords: microorganisms, antimicrobial action, fibrous cottonized materials.

Введение

Поиск импортозамещающих материалов санитарно-гигиенического назначения является в настоящее время одной из актуальных проблем совместных разработок для текстильной промышленности и медицины. Переориентация текстильной промышленности на новые виды доступного отечественного целлюлозного сырья (льна, пеньки) с более высоким уровнем полезных (технологических и потребительских) свойств. В настоящее время на потребительском рынке востребованы многофункциональные материалы с широким спектром специальных свойств, которые можно получить, изменяя структуру и свойства сырья, а также приданием антибактериальных свойств текстильной отделкой. Общеизвестно, что некоторые натуральные волокна, используемые для производства тканей, обладают антимикробными свойствами [4]. До этапов медицинской обработки важно оценить антимикробную способность исходного сырья для оптимального выбора медицинских препаратов обработки в скрининговых исследованиях. Обычно такого рода оценка антимикробных свойств выполняется классическими методиками посева микроорганизмов из полученных образцов текстильных материалов в расчете на 1 г образца. Данные методики трудоемки и финансово обременительны в связи с большим объемом выполняемых микробиологических исследова-

ний. Поэтому разработка новых экспресс-методов, определение воздействия волокнистых текстильных материалов на развитие микроорганизмов является очень важной частью работы для создания более качественной текстильной продукции.

Исследования по оценке выживаемости микроорганизмов на различных поверхностях обычно проводят в зависимости от вида поверхностей, способа и кратности их обработки определенными химическими веществами для достижения дезинфекционного эффекта. Поиск отечественных волокнистых материалов, не уступающих по своим возможностям зарубежным аналогам, является одной из важных задач российского рынка потребления. И в данном аспекте необходимо выполнение большого количества экспериментов по оценке антимикробного воздействия волокнистых материалов.

Цель работы состояла в оценке использования волокнистых катонизированных материалов ООО "Кашинского Льнокомбината", г. Кашин, для производства женских гигиенических тампонов, препятствующих развитию условно-патогенной микрофлоры. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи: определить влагонасыщение (влагоудержание) изучаемых образцов волокнистых катонизированных белых материалов (льна и пеньки) для последующего приготовления необходимого объема питательной среды

без ущерба развития микробной культуры, а также оценить воздействие изучаемых образцов волокнистых материалов на тест-культуры микроорганизмов. При этом надо учитывать, что довольно сложно исследовать антимикробную активность волокнистых материалов, поскольку они представлены отдельными переплетенными нитями, формирующими исследуемый образец. Эти образцы трудно распределить на агаризованной поверхности питательной среды для контакта с предварительно засеянной тест-культурой микроорганизмов, чтобы затем метрологически точно и правильно оценить результаты по наличию зон лизиса микробов [1], [2].

Материал и методы.

В работе использована оригинальная методика оценки антимикробного действия волокнистых материалов при скрининговых исследованиях [5]. В качестве тест-культур микроорганизмов использовали следующие микробные культуры: *Escherichia coli* штамм М-17, *Staphylococcus aureus* 6538-Р АТСС=209-Р FDA и дрожжеподобные микроскопические грибы *Candida albicans* ССМ 8261 (АТСС 90028). Для культивирования микроорганизмов была использована жидкая питательная среда – мясо-пептонный бульон (МПБ) для бактерий и сахарный бульон для грибов рода *Candida*.

Образцы волокнистых материалов были представлены ООО "Кашинский Льнокомбинат" (г. Кашин) – волокно льняное котонизированное беленое (далее – волокно льняное), волокно пеньковое котонизированное беленое (далее – волокно пеньковое).

В экспериментах помещали навеску волокнистого материала 0,25 г в жидкую питательную среду – 9 мл мясо-пептонного бульона, а затем эти образцы стерилизовали при 121° С (1 атм) в течение 15 мин. Для оценки эффекторного воздействия волокнистых материалов на микроорганизмы в каждую пробирку с образцом при соблюдении правил асептики вносили тест-культуры микробов в объеме 100 мкл. Все посева помещали в термостат при темпе-

ратуре 37°С на 24 часа. Через сутки проводили нефелометрические замеры оптической проницаемости на приборе КФК-2 (зеленый светофильтр - 540 нм, кювета объемом 3 мл), данные измерений были пересчитаны в оптическую плотность. Результаты оптической плотности роста тест-культур при оценке влияния волокнистых материалов на микроорганизмы статистически обрабатывали с использованием таблиц программы Excel (статистическая значимость различий между средними значениями в группах оценивалась по t-критерию Стьюдента) по сравнению с ростом контрольной (интактной) культуры соответствующих микроорганизмов.

Результаты и обсуждение.

Известно, что волокнистые материалы при размещении их во влажную среду (воду) способны впитывать и удерживать в себе определенное количество жидкости. Перед выполнением экспериментов по оценке антимикробной активности волокнистых материалов необходимо решить вопрос – какое количество материала образца можно внести в пробирку, чтобы жидкая питательная среда в ходе выполнения эксперимента не была бы полностью адсорбирована волокнистым материалом. Важно, чтобы по окончании эксперимента была возможность изъятия питательной среды с выросшей культурой микроорганизмов для использования нефелометрического метода оценки эффекторного воздействия на микробную культуру. С этой целью был предварительно выполнен эксперимент по установлению влагопоглощения (влагоемкости) различных образцов волокнистых котонизированных материалов, которые предполагается использовать в дальнейшем для создания женских тампонов.

Все исследуемые образцы волокнистых материалов ООО "Кашинский Льнокомбинат" (г. Кашин) по 0,25 г сухого веса первоначально взвешивали на электронных весах Scout-Pro тип SPU 202 (Швейцария) с точностью взвешивания 0,01 г. Образцы после сухого взвешивания погружали в дистиллированную воду на 1 мин. Затем образцы материалов вынимали из воды без отжимания,

а избытку воды давали свободно стечь в течение 1 мин, после этого экспериментальные образцы вновь взвешивали. Была установлена влагоемкость исследуемого волокнистого материала в расчете на 1 г сухого

образца. Полученные данные статистически обработаны и сведены в табл. 1. При анализе данных установлено, что влагоемкость волокна льняного достоверно больше, чем волокна пенькового из расчета на 1 г сухого веса ($p=0,015$).

Таблица 1

№ п/п	Образец	Влагоемкость в расчете на 1 г сухого образца ($M \pm m$), г	σ	CV%	p
1	Волокно льняное	16,14±0,50	1,12	6,97	0,015
2	Волокно пеньковое	13,26±0,32	0,72	5,40	

Примечание. Использованные в табл. 1 статистические показатели: σ – среднее квадратичное отклонение; CV% – коэффициент вариации; p – уровень значимости по t-критерию Стьюдента; $M \pm m$ – среднее выборочное, \pm ошибка среднего.

Оказалось, что ранее использованные 0,25 г сухого волокна в эксперименте по определению влагоемкости наиболее оптимально подходят для последующего выполнения экспериментов оценки антимикробного действия. При внесении в пробирку с питательной средой навески волокнистого образца 0,5 г в ходе автоклавирования происходило выталкивание навески из пробирки, а при использовании образца в 1 г вся питательная среда в пробирке была поглощена за счет большой влагоемкости тестируемого образца.

Данные по антимикробной активности волокнистых образцов свидетельствуют о

наличии антимикробной активности исследованных материалов при использовании нефелометрического метода исследования для установления оптической плотности (ОП $M \pm m$) развивающихся микробных тест-культур (табл. 2).

Установлено, что экспериментальные образцы волокнистых материалов ООО "Кашинский Льнокомбинат" (г. Кашин) с учетом развития контрольной культуры обладают различным ингибирующим воздействием в отношении использованных тест-культур микроорганизмов.

Таблица 2

Микробная культура	Волокнистые материалы				
	контроль	волокно льняное		волокно пеньковое	
	ОП	ОП	эффект воздействия %	ОП	эффект воздействия %
<i>E.coli</i>	0,180±0,005 $\sigma = 0,003$	0,155±0,002 $\sigma = 0,007$	- 14	0,153±0,002 $\sigma = 0,01$	- 15
<i>S.aureus</i>	0,215±0,006 $\sigma = 0,003$	0,118±0,001 $\sigma = 0,004$	- 52	0,213±0,001 $\sigma = 0,003$	-1
<i>C.albicans</i>	0,216±0,06 $\sigma = 0,003$	0,184±0,002 $\sigma = 0,006$	- 15	0,175±0,001 $\sigma = 0,003$	- 22

При использовании такого подхода в изучении антимикробного действия тестируемого образца волокнистого материала, возможно, количественно определить степень воздействия на микробную культуру образца в процентах, что позволяет сравнивать новые полученные модификации образцы волокнистого материала между собой и осуществлять скрининговый поиск направления по усилению антимикробного

действия в процессе обработки исходного сырья. Особо следует отметить факт, что именно ингибирование микробной тест-культуры будет полно и адекватно отражать воздействие волокнистого материала в связи с тем, что уменьшение численности клеток приводит к уменьшению оптической плотности до полного совпадения с контрольными измерениями питательной среды. Рост микробной культуры в любом

цифровом выражении будет означать развитие микроорганизмов в присутствии исследуемого образца волокнистого материала, поскольку нефелометрические данные в этом случае не совпадают с количеством клеток. Выполнение расчетов в таблицах Excel позволяет быстро получить ответ по оценке антимикробного действия конкретного образца волокнистого материала при проведении скрининговых исследований модификации волокнистых материалов для улучшения их антимикробных свойств.

Поиск путей для создания отечественных волокнистых материалов, не уступающих по своим возможностям зарубежным аналогам, является одной из важных задач российского рынка потребления [3], [6...8], а использование нефелометрического метода исследований согласно полученным экспериментальным данным, представленным в настоящей статье, позволяет значительно ускорить получение ответа при оценке антимикробной активности образцов волокнистых материалов с высокой степенью надежности и воспроизводимости получаемых данных.

ВЫВОДЫ

1. Изучаемые образцы ООО "Кашинский Льнокомбинат" обладают большой влагоемкостью – волокно льняное более 16 мл/г сухого веса, волокно пеньковое более 13 мл/г сухого веса.

2. Обнаружено, что волокно льняное образцы ООО "Кашинского Льнокомбината" превосходит волокно пеньковое по наличию антимикробного действия, оказывая различную степень ингибирования на тест-культуры микроорганизмов.

3. Методика нефелометрической оценки антимикробного воздействия волокнистых образцов может быть использована для проведения скрининговых исследований по улучшению свойств новых текстильных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ ISO 20645–2014. Изделия текстильные. Определение антибактериальной активности. Диффузное испытание в чашках с агаровой средой. Межгосударственный стандарт.

2. ГОСТ Р ИСО 20743–2012. Межгосударственный стандарт. Материалы текстильные. Определение антибактериальной активности изделий с антибактериальной обработкой.

3. Дымникова Н.С., Ерохина Е.В. Разработка технологии синтеза наночастиц серебра для биоазащиты целлюлозных материалов // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2016). Часть 2. – М.: МГУДТ, 2016. С.107...110.

4. Живетин В.В., Осипов Б.П., Осипова Н.Н. Льняное сырье в изделиях медицинского и санитарно-гигиенического назначения // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), т. XLVI. – 2002, №2. С. 31...35.

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

6. Одицова О.И., Козлова О.В., Петрова Л.С., Полушин Е.Г. Разработка инновационных технологич. отделки текстильных материалов // Сб. научн. ст. по мат. VII Всерос. науч.-практ. конф., Каменск-Шахтинский. –2018. С. 46...53.

7. Пат. 2350356 С1, Российская Федерация, А61L2/16. Антибактериальный текстильный волокнистый материал и способ его получения / Вишняков А.В., Манаева Т.В., Чашин В.А., Хотимский Д.В.; заявитель и патентообладатель Вишняков А.В., Манаева Т.В., Чашин В.А., Хотимский Д.В. - N2007124816/12; заявл. 03.07.2007; опубл. 23.03.2009, Бюл. №9.

8. Петрова Л.С., Лунина А.А., Зайцева А.О., Одицова О.И. Использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2018, №6. С. 81...85.

REFERENCES

1. GOST ISO 20645–2014. Izdeliya tekstil'nye. Opredelenie antibakterial'noj aktivnosti. Diffuznoe ispytanie v chashkah s agarovoj sredoj. Mezhhgosudarstvennyj standart.

2. GOST R ISO 20743–2012. Mezhhgosudarstvennyj standart. Materialy tekstil'nye. Opredelenie antibakterial'noj aktivnosti izdelij s antibakterial'noj obrabotkoj.

3. Dymnikova N.S., Erohina E.V. Razrabotka tekhnologii sinteza nanochastich serebra dlya bio-zashchity cellyuloznych materialov // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizajn, tekhnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (Innovacii-2016). CHast' 2. – М.: MГУDТ, 2016. S.107...110.

4. Zhivetin V.V., Osipov B.P., Osipova N.N. L'nyanoe syr'e v izdeliyah medicinskogo i sanitarno-gigienicheskogo naznacheniya // Ros. him. zh. (Zh. Ros.

him. ob-va im. D.I. Mendeleeva), t. XLVI. – 2002, №2. S. 31...35.

5. Kuznecov O.YU., SHutova T.A., Starshova A.V., Navarrskaya I.A., Golovlev M.G. Metodika ocenki antimikrobnogo dejstviya voloknistyh materialov pri skringovoyh issledovaniyah // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. –2021, №3. S.71...74.

6. Odincova O.I., Kozlova O.V., Petrova L.S., Polushin E.G. Razrabotka innovacionnyh tekhnologij otdelki tekstil'nyh materialov // Sb. nauchn. st. po mat. VII Vseros. nauch.-prakt. konf., Kamensk-SHahtinskij. –2018. С. 46...53.

7. Pat. 2350356 S1, Rossijskaya Federaciya, A61L2/16. Antibakterial'nyj tekstil'nyj voloknistyj material i sposob ego polucheniya / Vishnyakov A.V.,

Manaeva T.V., CHashchin V.A., Hotimskij D.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Vishnya-kov A.V., Manaeva T.V., CHashchin V.A., Hotimskij D.V. - N2007124816/12; zayavl. 03.07.2007; opubl. 23.03.2009, Byul. №9.

8. Petrova L.S., Lipina A.A., Zajceva A.O., Odincova O.I. Ispol'zovanie nanochastic serebra dlya pridaniya tekstil'nyh materialam baktericidnyh svojstv // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.–2018, №6. S. 81...85.

Рекомендована кафедрой микробиологии и вирусологии ИвГМА. Поступила 09.06.22.

УДК 64.29.23

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_157

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ВОДООТТАЛКИВАЮЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ ТКАНИ

STUDY OF THE EFFECT OF THE NATURE OF HYDROPHOBIC COMPOSITIONS ON THE WATER REPELLENCY OF FABRICS

Г.Ю. КАЛДЫБАЕВА¹, И.А. НАБИЕВА², Г.К. ЕЛДИЯР¹, Ф.Н. НУРКУЛОВ³

G.YU. KALDYBAEVA, I.A. NABIEVA, G.K. YELDIYAR, F.N. NURKULOV

¹Некоммерческое Акционерное общество Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан,

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,

³Ltd "Ташкентский научно-исследовательский химико-технологический институт", Республика Узбекистан)

(Non-Profit Limited Company M.Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan,

Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,

"Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology "Ltd, Republic of Uzbekistan,)

E-mail: gkaldybaeva@mail.ru

В статье представлены результаты научных исследований по изучению влияния природы гидрофобизирующих композиций на водоотталкивающую способность хлопчатобумажной ткани. Исследованиями установлено, что при использовании фторсодержащего вспомогательного вещества и композиции, не содержащей фторуглеродов, максимальная водоотталкивающая способность достигается при температуре термообработки аппретированной ткани 150°C в течение двух минут, а в случае использования хлорсульфированного полиэтилена при температуре 160°C. Гидрофобизирующие вещества придают тканям гидрофобность благодаря химическому взаимодействию функциональных групп с гидрофильными группами волокон. Наиболее плотно упакованный полимерный слой макромолекул образуется

из частиц гидрофильной, гидрофобной природы, способных ориентироваться на твердой поверхности. Актуальной поэтому является задача поиска путей получения дисперсных систем, состав, структура частиц дисперсной фазы и коллоидно-химические свойства которых обеспечивают достижение высокого уровня антиадгезионных свойств волокнистых материалов. Исследованные композиции, образуя на поверхности ткани прозрачную пленку, обладают высокой адгезионной способностью по отношению к целлюлозе. Показано влияние строения композиции на оптические и колористические свойства аппретированных тканей.

The article presents the results of scientific researches on study of nature of hydrophobizing compositions on water repellency of cotton fabric. Research has established that when fluorine-containing auxiliary agent and non-fluorocarbon composition are used, maximum water repellency is achieved at thermal processing temperature of impregnated fabric 1500C for 2 minutes, and in case of chlorosulfated polyethylene - at temperature 1600C. Hydrophobizing agents make the fabrics hydrophobic by chemical interaction of functional groups with hydrophilic groups of fibres. The most densely packed polymeric layer of macromolecules is formed from particles of hydrophilic, hydrophobic nature that can be oriented on a solid surface. Therefore the task of searching for ways to obtain disperse systems with the composition, structure of the disperse phase particles and colloid chemical properties that provide high level of anti-adhesion properties of fibrous materials is relevant. The investigated compositions, forming a transparent film on fabric surface, possess high adhesive properties in relation to cellulose. The influence of the composition structure on the optical and coloristic properties of the applied fabrics has been shown.

Ключевые слова: отделка, аппрет, хлопчатобумажная ткань, гидрофобизирующие композиции, водоотталкивающая способность, степень белизны, колористические показатели.

Keywords: finishing, appret, cotton fabric, hydrophobic compositions, water repellency, degree of whiteness, colour values.

Введение

В зависимости от устойчивости ткани к намоканию в воде различают водонепроницаемую и водоотталкивающую отделки. Водонепроницаемая отделка, применяемая для технических тканей, достигается путем покрытия поверхности ткани сплошной воздухонепроницаемой пленкой. Водоотталкивающая отделка применяется для одежных, плащевых, спортивных и других тканей бытового назначения, в которых требуется сохранение открытой пористости и воздухопроницаемости ткани. В последние годы особое внимание уделяется созданию водоотталкивающих текстильных материалов в виде ткани, трикотажного полотна и готовых изделий посредством при-

менения неагрессивных гидрофобизирующих композиций, не ухудшающих эксплуатационных свойств субстрата. Гидрофобизирующие композиции – это многокомпонентные соединения, создаваемые отдельно для шерстяных [1], шелковых [2] и целлюлозных [3] тканей с учетом их физико-химических, сорбционных и морфологических свойств. В зависимости от строения указанные соединения могут удерживаться на поверхности волокна за счет адсорбционных сил или химического взаимодействия с волокном.

Ткани, обработанные гидрофобизирующими композициями, обладают многочисленными преимуществами на промышленном и потребительском уровне. Однако со

временем водоотталкивающая способность, которая была достигнута за счет адсорбционных сил, снижается. В этом аспекте учеными предложен новый способ придания специальных свойств текстильным материалам путем привитой сополимеризации акриловых мономеров с макромолекулой целлюлозы [4], что способствует сохранности водоотталкивающих свойств хлопчатобумажной ткани в эксплуатации. Был исследован механизм привитой сополимеризации сравнительным анализом ИК-спектроскопии и ПМР-спектров целлюлозы, персульфата калия, акриловых мономеров и продуктов из взаимодействия. По результатам спектроскопических исследований установлено, что взаимодействие субстрата и композиции протекает за счет хемосорбции.

Рядом ученых для придания текстильным материалам гидрофобности предложены: сополимерная эмульсия фторацетата [5], синтетический алюмосиликат [6] и препараты на основе метилольных производных различных соединений [7].

Доказана эффективность применения промоторов адгезии на основе бифункционального силана в составах для гидрофобизации текстильных материалов кремнийорганическими соединениями, введение которых дает возможность значительно повысить эффект водоотталкивания и его устойчивость к стирке на тканях, колорированных по пигментной технологии [8]. Водный раствор на основе кремнийорганических соединений использовался для гидрофобизации текстильных изделий с сохранением их эксплуатационных и гигиенических характеристик.

Создание новых аппретурующих составов для процесса заключительной отделки не решает ряда вопросов, касающихся обеспечения равномерного аппретирования и качественного закрепления препарата на текстильном полотне. В работах [9], [10] для решения данной проблемы исследованы возможности применения в процессах заключительной отделки, в частности, для придания гидрофобных свойств целлюлозосодержащим текстильным материалам общего и специального назначения низко-

температурной плазмы и оценена эффективность включения в технологическую цепочку плазменной активации материалов.

Значимые результаты получены авторами работы [11]. Предлагается гидрофобное покрытие, которое используется на целлюлозном волокне. Часть целлюлозного волокна обрабатывают аппретом, для придания гидрофобности, остальную часть смешивают с неаппретированным волокном. В результате получают пряжу модифицированную, т.е. какая-то часть не сорбирует воды, а какая-то часть, являясь гидрофильной, сорбирует воду.

Гидрофобная поверхность полученных волокон напоминает синтетические волокна, такие как полиэстер или полиамид. Эта работа является примером альтернативного метода замены синтетических волокон на биопроизводные и биоразлагаемые материалы в функциональной одежде.

Настоящее исследование нацелено на изучение зависимости водоотталкивающих свойств отбеленной и окрашенной хлопчатобумажной ткани от природы гидрофобизирующих композиций, представленных различными производителями.

Методы

В данной работе объектом исследования является ткань хлопчатобумажная отбеленная поверхностной плотностью 197 г/м², разрывная нагрузка ткани равна 674 Н, а удлинение 73%. В качестве гидрофобизирующих композиций использованы гидрофобизаторы импортного производства TubiguardSCS-F, EscoperlActive (CHTSwitzerlandAG, Швейцария) и состав на основе хлорсульфированного полиэтилена-предложенного учеными Узбекистана. Для получения гидрофобных текстильных материалов необходимое количество образцов обрабатывали в растворе Tubiguard SCS-F и EscoperlActive, а также хлорсульфированного полиэтилена. Композицию гидрофобных растворов наносили на текстильный материал в пропитывающей ванне в течение двух минут. Пропитанный текстильный материал проходит через отжимные валики, сушится при температуре 80°C, далее подвергается термической обработке. Термическая обработка осуществляется в тече-

ние двух минут при температуре 150°C. Водоотталкивающую способность образцов оценивали на приборе WR-1600E (Япония) по ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81).

Степень белизны определена на приборе Minolta (Япония). Колористические показатели определяли на лабораторном колориметре X-RiteCi7800 (Корея) согласно методике [12] в стандартном излучении D₆₅, который рекомендуется при измерении цветолуминесцирующих образцов, поскольку распределение потока излучения УФ-частиц его спектра нормировано. В₆₅ – источник, относительное спектральное распределение энергии которого в видимой области спектра соответствует излучению абсолютно черного тела при температуре 6504°K [13]. Воспроизводит условия освещения усредненным дневным светом (ГОСТ 7721–89).

Результаты и обсуждение

В современной технологии для придания тканям гидрофобных свойств используют:

- эмульсии парафинов и восков, содержащие соли алюминия или циркония;
- кремнийорганические соединения (силиконы);
- органические комплексы хрома или алюминия, включающие остатки высших жирных кислот;
- пиридинсодержащие соединения;
- фторсодержащие производные;
- метилольные производные различных соединений, содержащие длинные алкильные цепи.

Парафиновые эмульсии применяются для получения водонепроницаемой отделки, а остальные препараты – для водоотталкивающей гидрофобной отделки с сохранением открытой структуры ткани. Наибольшее распространение получил комплекс хрома со стеариновой кислотой – хромстерилхлорид, известный под названием хромолан. Также в конце XIX века широко использовались различные кремнийорганические соединения. Недостатком данных препаратов является сброс в сточные воды шестивалентного хрома и высокая щелочность кремнийорганических препаратов.

В данной работе изучалась природа гидрофобизаторов импортного производства Tubiguard SCS-F, EscoperlActive (CHT Switzerland AG, Швейцария) и состава на основе хлорсульфированного полиэтилена – предложенного учеными Ташкентского химико-технологического научно-исследовательского института. TubiguardSCS-F – вспомогательное вещество, для придания водо- и маслоотталкивающих свойств. Фторсодержащая дисперсия. Неионогенный. pH - 3,5-4,5. EscoperlActive – комбинация вспомогательных веществ, не содержащая фторуглеродов, для обеспечения гидрофобности. pH 5,0...6,0. Хлорсульфированный полиэтилен – это каучукоподобный продукт, получаемый при взаимодействии полиэтилена с хлором и сернистым ангидридом. Этот продукт отличается высокой атмосферной и химической стойкостью. Разрушающее действие на него оказывает уксусная кислота, ароматические и хлорированные углеводороды. Эти гидрофобизирующие вещества придают тканям гидрофобность, благодаря химическому взаимодействию функциональных групп с гидрофильными группами волокон, а также вследствие блокирования последних за счет образования в волокне гидрофобного застила из углеводородных цепочек.

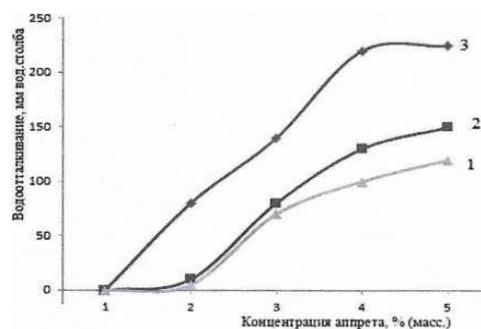


Рис. 1

Использование гидрофобизирующих композиций предполагает, прежде всего, выбор эффективной концентрации препаратов. Эффективность исследуемых гидрофобизаторов оценивались по водоотталкивающей способности образцов обработанных тканей. Влияние концентрации препара-

тов на водоотталкивающие свойства хлопчатобумажной ткани иллюстрированы на рис. 1 (влияние концентрации аппретов на водоотталкивающие свойства хлопчатобумажной ткани: 1- хлорсульфированный полиэтилен, 2 – EscoperlActive, 3 – Tubiguard SCS-F).

Как следует из приведенных данных, эффективность фторсодержащего аппрета выше по сравнению с EscoperlActive и хлорсульфированного полиэтилена. Известно, что основная реакция между составляющими аппрета и макромолекулами целлюлозы протекает при высоких температурах [14]. Экспериментальные результаты лабо-

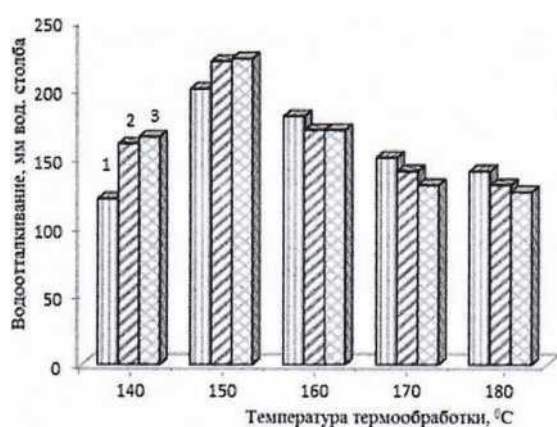


Рис. 2

Видно, что максимум кривых зависимости водоотталкивания соответствует режиму термообработки, которая проводится при температуре 150°C для Tubiguard SCS-F и 160°C в случае использования хлорсульфированного полиэтилена в течение двух минут. Проведение процесса термообработки выше температуры 150...160°C сопровождается уменьшением водоотталкивающих свойств хлопчатобумажной ткани, продолжительность термообработки более двух минут не приводит к существенным изменениям гидрофобности исследуемых образцов.

Как известно, аппретирование производится в заключительном этапе химической отделки текстильных материалов. В связи с этим, аппретовые должны быть стабильными,

ракторного процесса заключительной отделки аппретами, в частности зависимость водоотталкивающих свойств от продолжительности и температуры термообработки оплюсованной ткани раствором аппрета суммированы на рис. 2 (зависимость водоотталкивающих свойств от продолжительности и температуры термообработки (Tubiguard SCS-F)). Продолжительность термообработки: 1 – 1 мин, 2 – 2 мин, 3 – 3 мин) и рис. 3 (зависимость водоотталкивающих свойств от продолжительности и температуры термообработки (хлорсульфированный полиэтилен). Продолжительность термообработки: 1 – 1 мин, 2 – 2 мин, 3 – 3 мин).

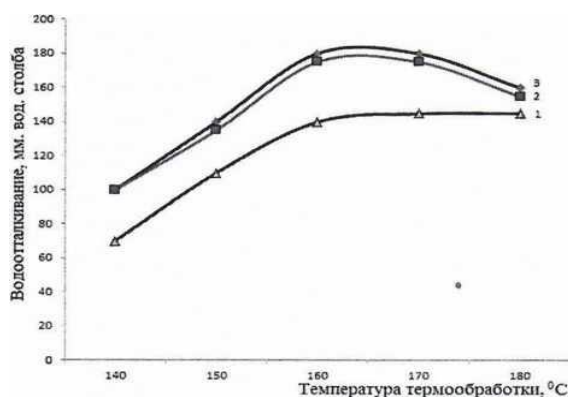


Рис. 3

достаточно прочно удерживаться на волокне, не смываться при стирках и обеспечить высокое качество [15]. Аппретовые не должны ухудшать внешний вид тканей и негативно влиять на колористические показатели текстильного материала [16].

Экспериментальные результаты по изучению влияния типа гидрофобизирующих композиций на степень белизны в случае аппретирования отбеленной ткани и колористических показателей образцов в случае окрашенной ткани занесены в табл. 1 (влияние гидрофобной отделки на колористические показатели и степень белизны образцов хлопчатобумажной ткани поверхностной плотностью 197 г/м², окрашенной активным красителем Chemazol Turquoise Blue G %266.).

Образцы	Колористические показатели образцов			Прочность окраски, балл, к		Степень белизны, %
	интенсивность К/S	яркость L*	цветовой тон h*	мылу	трению	
Исходный	14	57	68	5/5/5	5/5	90
Аппретированный						
Tubiguard SCS-F	12	55	69	5/5/5	5/5	84
Escoperl Active	10	48	73	5/5/5	5/5	78
Хлорсульфированный полиэтилен	14	58	66	5/5/5	5/5	89

Как видно из приведенных данных, степень белизны отбеленной ткани, интенсивность, яркость и цветовой тон окрашенного хлопчатобумажного образца ткани, обработанного хлорсульфированным полиэтиленом, почти не изменяются, это может быть связано с тем, что хлорсульфированный полиэтилен образует на поверхности ткани прозрачную пленку, кроме того на ощупь жесткость отсутствует, что показывает высокоэластичность образованной пленки. Однако в процессе аппретирования с использованием Tubiguard SCS-F, Escoperl Active отбеленной ткани наблюдается некоторое снижение степени белизны и изменение их колористических показателей.

В Ы В О Д Ы

В результате проведенных исследований была определена зависимость водоотталкивающих свойств окрашенного хлопчатобумажного образца ткани, обработанного в растворе Tubiguard SCS-F и Escoperl Active, а также хлорсульфированного полиэтилена. Выявлено, что эффективность фторсодержащего аппрета выше по сравнению с Escoperl Active и хлорсульфированного полиэтилена.

Наиболее высокий показатель гидрофобности выявлен при режиме термообработки, который проводится при температуре 150°C для Tubiguard SCS-F и 160°C в случае использования хлорсульфированного полиэтилена в течение двух минут. Проведение процесса термообработки выше температуры 150...160°C сопровождается уменьшением водоотталкивающих свойств.

Также при проведении экспериментальных работ установлено, что продолжительность термообработки более двух минут не приводит к существенным изменениям гидрофобности исследуемых образцов.

При нанесении на ткань хлорсульфированный полиэтилен образует на ее поверхности прозрачную высокоэластичную пленку, которая обладает высокой адгезионной способностью по отношению к целлюлозе, в связи с чем степень белизны отбеленной ткани, интенсивность, яркость и цветовой тон окрашенного хлопчатобумажного образца ткани почти не изменяются. Использование Tubiguard SCS-F, Escoperl Active в процессе аппретирования выявляет снижение степени белизны и изменение их колористических показателей.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Масло- и водоотталкивающие композиции и способы их применения. Oil and water repellent compositions and methods of application thereof: Патент 7211327 США, МПКВ 32 В 27/30 (2006.01), В 05 D 5/00 2006.1.6Ыей *Evan, Barons Andrew. № 11/217965'*; Заявл. 31.08.2005; Опубли. 01.05.2007; НПК 428/421.
2. *Huang Fenglin, Wei Qufu, Liu Ya, GaoWeidong, Huang Yubo.* Функционализация поверхности шелковых тканей напылением ПТФЭ. Surface functionalization of silk fabric by PTFE sputter coating // *J. Mater. Sci.* – 2007, 42, № 19. P. 8025...8028.
3. *LuJue, AskelandPer, DrzalLawrence.* Поверхностная модификация микрофибриллированной целлюлозы для получения эпоксидных композитов. Surface modification of microfibrillated cellulose for epoxy composite applications // *T. Polymer.* – 2008. 49, № 5. P. 1285...1296.
4. *Rafikov A.S., Nabiev N.D., KarimovS.Kh. Jboduloev B.Sh., Mirzayev N.B.* Getting Graft Cellulose Copolymers and Acrylic Monomers. // *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE).* – Volume-8 Issue-4, November 2019. P. 719...723.

5. Huang, P.Y., Chao, Y.C., Liao, Y.T. Preparation of fluoroacrylatenanocopolymer by miniemulsion polymerization used in textile finishing // Journal of Applied Polymer Science. – Volume 94, Issue 4, 15 November 2004, P. 1466...1472.

6. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Блиничева И.Б. Применение синтетического алюмосиликата в гидрофобной отделке текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 4. С.77...80.

7. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Циркина О.Г. Заключительная отделка гидрофобных тканей. Решение проблем пропитки и фиксации аппрета // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №5. С.51...54.

8. Качук Д.С., Нестерова Л.А. Венгер Е.А. Гидрофобная отделка кремнийорганическими соединениями текстильных материалов, напечатанных пигментами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №3. С.123...129.

9. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В. Использование низкотемпературной плазмы тлеющего разряда для повышения эффективности водостойкой отделки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 6. С.83...85.

10. Шарнина Л.В., Телегин Ф.Ю. Текстильный материал как объект плазменной обработки, гидрофилизация поверхности // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2008, т.51, вып.3. С.86...90.

11. Wright T., Mahmud-Ali A., Bechtold T. Surface coated cellulose fibers as a biobased alternative to functional synthetic fibers // Journal of Cleaner Production. – Volume 275, 1 December 2020, Article number 123857.

12. Computer color matching system operation and maintenance manual. Korea industrial technology ODA. – 2012. P.79.

13. Мигалина И.В. Расчет цветности излучения: учебно-методические указания к курсовой расчетно-графической работе. – М.: МАРХИ, 2011.

14. Куанбай Н.К., Баданова А.К. Разработка совмещенной технологии колорирования и гидрофобной отделки целлюлозных текстильных материалов // Алматы технологияльшуниверситетшхбаршысы. – 2018. №4. С.5...12.

15. Блиничева И.Б., Шарнина Л.В. Технология совмещенного крашения и заключительной отделки хлопчатобумажных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 1. С.72...76.

16. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. – Том 3. Заключительная отделка. – М.: Легпромбытиздат, 2001.

REFERENCES

1. Maslo- i vodoottalkivayushchie kompozicii i sposoby ih primeneniya. Oil and water repellent compositions and methods of application thereof: Patent 7211327 SSHA, MPKV 32 V 27/30 (2006.01), V 05 D 5/00 2006.1.bYei Evan, Barons Andrew. № 11/217965',

Zayavl. 31.08.2005; Opubl. 01.05.2007; NPK 428/421.

2. Huang Fenglin, Wei Qufu, Liu Ya, Gao-Weidong, Huang Yubo. Funkcionalizaciya poverhnosti shelkovykh tkanej napyleniem PTFE. Surface functionalization of silk fabric by PTFE sputter coating // J. Mater. Sci. – 2007, 42, № 19. P. 8025...8028.

3. LuJue, AskelandPer, DrzaLawrence. Poverhnostnaya modifikaciya mikrofibrillirovannoj cellyulozy dlya polucheniya epoksidnykh kompozitov. Surface modification of microfibrillated cellulose for epoxy composite applications // T. Polymer. – 2008. 49, № 5. P. 1285...1296.

4. Rafikov A.S., Nabiev N.D., Karimov S.Kh., JbodulloevB.Sh., Mirzayev N.B. Getting Graft Cellulose Copolymers and Acrylic Monomers. //International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). – Volume-8 Issue-4, November 2019. P.719...723.

5. Huang, P.Y., Chao, Y.C., Liao, Y.T. Preparation of fluoroacrylatenanocopolymer by miniemulsion polymerization used in textile finishing // Journal of Applied Polymer Science. – Volume 94, Issue 4, 15 November 2004, P. 1466...1472.

6. Vladimirceva E.L., SHarnina L.V., Blinicheva I.B. Primenenie sinteticheskogo alyumosilikata v gidrofobnoj otdelke tekstil'nykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2008, № 4. С.77...80.

7. Vladimirceva E.L., SHarnina L.V., Cirкина O.G. Zaklyuchitel'naya otdelka gidrofobnykh tkanej. Reshenie problem propitki i fiksacii appreta // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2014, №3. S.123...129.

9. Vladimirceva E.L., SHarnina L.V. Ispol'zovanie nizkotemperaturnoj plazmy tleyushchego razryada dlya povysheniya effektivnosti vodostojkoj otdelki // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2008, № 6. S.83...85.

10. SHarnina L.V., Telegin F.YU. Tekstil'nyj material kak ob'ekt plazmennoj obrabotki, gidrofilizaciya poverhnosti // Izv. vuzov. Himiya i himicheskaya tekhnologiya. – 2008, t.51, vyp.3. S.86...90.

11. Wright T., Mahmud-Ali A., Bechtold T. Surface coated cellulose fibers as a biobased alternative to functional synthetic fibers // Journal of Cleaner Production. – Volume 275, 1 December 2020, Article number 123857.

12. Computer color matching system operation and maintenance manual. Korea industrial technology ODA. – 2012. P.79.

13. Migalina I.V. Raschet cvetnosti izlucheniya: uchebno-metodicheskie ukazaniya k kursovoj raschetnograficheskoy rabote. – М.: МАРХИ, 2011.

14. Kuanbaj N.K., Badanova A.K. Razrabotka sovmeshchennoj tekhnologii kolorirovaniya i gidrofobnoj otdelki cellyuloznykh tekstil'nykh materialov // Almaty tekhnologiyal'shchuniversity-tetshshchkhbarshysy. – 2018. №4. S.5...12.

15. Blinicheva I.B., SHarnina L.V. Tekhnologiya

sovmeshchennogo krasheniya i zaklyuchitel'noj ot-del-ki hlochatobumazhnyh tkaney // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2010, № 1. S.72...76.

16. Krichevskij G.E. Himicheskaya tekhnologiya tekstil'nyh materialov. – Tom 3. Zaklyuchitel'naya ot-delka. – M.: Legprombytizdat, 2001.

Поступила 07.06.22.

УДК 678:661.183.123:678:621.3.035.4
DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_164

СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ УПАКОВОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

PROPERTIES OF POLYMER FILM FOR PACKAGING PRODUCTS

О.Д. ХАКНАЗАРОВА, Х.А. БАБАХАНОВА, З.К. ГАЛИМОВА, М.А. БАБАХАНОВА

O.D. KHAKNAZAROVA, H.A. BABAKHANOVA, Z.K. GALIMOVA, M. A. BABAKHANOVA

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,
Ташкентский государственный технический университет
ГУП "Фан ва тараккиет", Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,
Tashkent State Technical University SUE "Fan va tarakkiet", Republic of Uzbekistan)

E-mail: nigin-umid@mail.ru; halima300@inbox.ru; z.galimova8282@mail.ru; madina.babaxanova@inbox.ru

Рассмотрены вопросы возможности использования полимерной пленки, полученной методом рукавной экструзии, для упаковочной индустрии. На экструзионном оборудовании "FULL AUTOMATIC" (Корея) из гранул низкомолекулярного полиэтилена методом рукавной экструзии выдвлена полиэтиленовая пленка. Полное исследование свойств и сравнение полученных результатов с требованиями государственного стандарта выявило, что полиэтиленовые пленки по механическим показателям относятся к пленке высшего сорта, что позволяет использовать их в широком диапазоне, в том числе в качестве упаковочного материала в различных отраслях народного хозяйства; для изготовления товаров народного потребления. Термостабильность полимерных пленок в сочетании с высокой прочностью обеспечит качественное воспроизведение при печати на высокоскоростных печатных машинах. В результате применение низкомолекулярного полиэтилена для упаковочной индустрии будет способствовать созданию на базе местных сырьевых ресурсов производства, обеспечивающего импортозамещение и насыщение внутреннего рынка необходимыми потребительскими товарами, экономию и рациональное использование валютных средств.

The issues of the possibility of using polymer film obtained by the method of tubular extrusion for the packaging industry are considered. On the extrusion equipment "FULL AUTOMATIC" (Korea), a polyethylene film is extruded from low molecular weight polyethylene granules by the method of sleeve extrusion. The complete study of the properties and comparison of the obtained results with the requirements of the state standard revealed that polyethylene films are mechanically classified as a premium grade film, which allow them to be used in a wide range, including as packaging material in various sectors of the national economy; for the manufacture of consumer goods. Thermal stability of polymer films, combined with

high strength, will ensure high-quality reproduction when printing on high-speed printing machines. As a result, the use of low-molecular-weight polyethylene for the packaging industry will contribute to the creation of production based on local raw materials, ensuring import substitution and saturation of the domestic market with necessary consumer goods, savings and rational use of foreign exchange funds.

Ключевые слова: экструзия, полиэтиленовая пленка, низкомолекулярный полиэтилен, структурные, прочностные и деформационные свойства.

Keywords: extrusion, polyethylene film, low molecular weight polyethylene, structural, strength and deformation properties.

В современном мире развитие упаковочной индустрии, продукция которой является мощным средством продвижения товара на рынке, способствует увеличению объемов печати на полимерных материалах. Для печати на полимерных материалах используются глубокий, флексографский или трафаретный способы печати [1...3].

В настоящее время флексографская печать, одна из разновидностей высокой ротационной печати, особенно популярна при производстве таких видов продукции, как упаковка и этикетка, которые включают в себя основную информативную, декоративную и защитную функцию промышленного продукта. Подавляющая часть упаковки различных товаров изготавливается из полимерных материалов, среди которых более 40% составляет полиэтилен, 12% полипропиленоберточная бумага, 8% гофрокартон, 5% материалы для самоклеящихся этикеток [4]. Полимерные пленки занимают лидирующую позицию в мире среди различных материалов, поскольку сохраняют высокое качество упакованных в них товаров в течение длительного срока, имеют минимальную массу, толщину и стоимость [5], [6].

Производство и рост потребления полимерной упаковки, несмотря на такие недостатки, как старение под действием кислорода воздуха, агрессивных сред, солнечного света, появление постороннего запаха у продукции, возможность миграции органических соединений в продукт, растет высокими темпами, так как вышеперечисленные недостатки достаточно легко преодолеваются путем использования специальных технологических приемов.

Разработка или же совершенствование технологии получения полимерных композиционных материалов с заданными свойствами является актуальным, так как по мнению экспертов, производство и потребление полимерной упаковки несмотря на запрет на использование гибкой полимерной пленки, еще будет долго использоваться в различных отраслях [7].

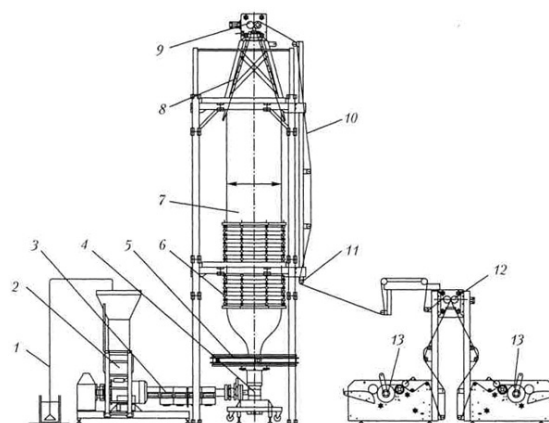


Рис. 1

Полимерные пленки по традиционной технологии формируют из расплавов методом экструзии, каландрированием, прессованием, а также поливом из растворов и латексов полимеров [8], [9]. Среди этих методов наиболее распространен метод экструзии. На рис. 1 представлена технологическая схема установки для производства пленки рукавным методом с приемкой рукава вверх, что позволяет получать двухосно-ориентированные пленки с хорошими физико-механическими характеристиками, также он пригоден для изготовления многослойных пленочных материалов соэкструзией [10].

Основой для изготовления пленки служит полиэтилен различных видов, являющийся продуктом полимеризации этилена, получаемый высокотемпературным пиролизом нефтяных фракций или высокотемпературным крекингом пропана и бутана при 80°C в трубчатых печах [12].

В Шуртанском газохимическом комплексе (Shurtan Gas Chemical Complex), одном из крупнейших заводов Республики Узбекистан, полиэтилен получают в процессе полимеризации этилена в растворе циклогексанона из катализаторов Циглер-Натта ($Al(C_2H_5)_2Cl + TiCl_4$), во время процесса образуются отходы низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ) в качестве дополнительного продукта [13]. Низкомолекулярный полиэтилен имеет широкое применение в машиностроении, в текстильной промышленности; в косметологии, стоматологии, ветеринарии и растениеводстве, в целлюлозно-бумажной промышленности для формирования восковой композиции и покрытия картона или глянцевой бумаги с целью придания эластичности при низких температурах.

В поисках расширения спектра применения низкомолекулярного полиэтилена в других отраслях ведутся научные исследования, к которым можно отнести результаты работы [13].

В целях обеспечения упаковочной индустрии республики местной пленкой актуальным является исследовать возможность использования низкомолекулярного полиэтилена Шуртанского газохимического комплекса, объем которого составляет

около 100...150 тонн в год, для получения пленки, свойства которой отвечают жестким требованиям печатного процесса. Например, пленки для качественной печати без затруднений должны обладать хорошей адгезией к печатным краскам, химической инертностью к компонентам печатных красок, обеспечивать размерную стабильность в процессе печати, достаточной механической прочностью на изгиб, излом и растяжение. Немаловажными параметрами, влияющими на качество печати, являются деформационные свойства, которые оцениваются пределом прочности материала при растяжении, относительным удлинением при разрыве и модулем упругости [14].

В связи с этим целью исследования является получение пленки для печатания упаковочной продукции методом рукавной экструзии из гранул низкомолекулярного полиэтилена Шуртанского газохимического комплекса и изучение их механических и деформационных свойств.

В условиях предприятий ООО "Briz" и ЧП "ASILBEK NURLI KELAJAK" на экструзионном оборудовании "FULL AUTOMATIC" (производство Кореи) полимерный расплав из гранул низкомолекулярного полиэтилена Шуртанского газохимического комплекса выдавливался в виде рукавной заготовки через кольцевую щель экструзионной головки и пневматически раздувался рукав в горизонтальном направлении [15]. Технические характеристики экструзионного оборудования "FULL AUTOMATIC" приведены в табл.1.

Таблица 1

Модель	50
Диаметр винтового штока	Ф 50
Соотношение длины к диаметру	25:1
Диаметр по складке тонкой пленки	100...550 мм
Толщина пленки	0,008...0,05 мм
Мощность главного двигателя	7,5 кВт
Мощность устройства протяжки	0,75 кВт
Мощность подогрева	11 кВт
Максимальная производительность	30 кг / ч

Физико-механические свойства исследовали на приборах, находящихся на кафедре "Инновационные материалы принт-медиаиндустрии" Высшей школы печати и медиаиндустрии Московского политехнического университета (Москва, Россия).

Для исследования таких структурных свойств полиэтиленовой пленки, как масса,

толщина, плотность, использовались весы ГОСМЭТР ВЛТЭ 1100 с точностью измерений $\pm 0,01$ г, весы CRYSTAL 200 SMI с точностью измерений $\pm 0,0001$ г, толщиномер "Константа 45 К6Ц" с точностью измерения $\pm 0,001$ мм.

Т а б л и ц а 2

Наименование свойств	Полиэтиленовая пленка, выдувленная на	
	ЧП "ASILBEK NURLI KELAJAK" №1	ООО "Briz" №2
Масса m^2 на ГОСМЭТР, г/м ²	90 \pm 1,5	66 \pm 1,5
Масса m^2 на CRYSTAL, г/м ²	90,34 \pm 0,51	65,97 \pm 0,51
Толщина, мкм	82,4 \pm 3,6	69,2 \pm 2,8
Плотность, г/см ³	1,097 \pm 0,142	0,954 \pm 0,182
Удельный объем, см ³ /г	0,912 \pm 0,105	1,048 \pm 0,074

На основании технических условий¹, исходя из данных табл.2, можно сделать вывод, что полиэтиленовые пленки относятся к категориям М, Т, Н, СТ, СК, СМ, и их можно рекомендовать для печати от простых упаковочных материалов до сложных технических решений с запечатыванием поверхности.

Отобранные образцы размером 20x150 мм испытывали на растяжение². Стандарт распространяется на полимерные пленки и пленочные материалы толщиной до 1 мм. Испытания проводили при температуре (23 \pm 2)°С, относительной влажности (50 \pm 5)% и постоянной скорости 10 мм/мин для определения необходимых показателей, а именно модуля Юнга, условного предела текучести, предела прочности, удлинения образца и др.

Величину предела прочности при растяжении σ (кгс/см² или МПа), характеризующую максимальное механическое напряжение, выше которого происходит разрушение материала, рассчитывали по формуле:

$$\sigma = \frac{Q}{S}, \quad (1)$$

где Q – разрывное усилие; S – площадь сечения образца, рассчитанный по следующей формуле:

$$S = ah_{cp}, \quad (2)$$

где a – ширина образца; h_{cp} – толщина образца.

Разрывную длину образцов рассчитывали по формуле:

$$L = Q \frac{Q}{am}, \quad (3)$$

где m – масса образца на 1 м².

Для расчета эффективного модуля упругости (модуль Юнга), величины, которая характеризует способность материала сопротивляться растяжению, сжатию при упругой деформации, можно использовать формулу (4) или воспользоваться формулой (5):

$$E = \frac{F\ell}{S\Delta\ell}, \quad (4)$$

где F – нормальная составляющая силы; S – площадь поверхности, по которой распределено действие силы; ℓ – длина деформируемого стержня; Δ – модуль изменения длины стержня в результате деформации (измеренного в тех же единицах, что и длина ℓ).

$$E = \frac{\sigma}{\lambda \cdot 0,01}, \quad (5)$$

¹ ГОСТ 10354-82 «Пленка полиэтиленовая. Технические условия»

² ГОСТ 14236-81 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение»

где σ – предел прочности; λ – относительная деформация;

$$\lambda = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \cdot 100\% , \quad (6)$$

где $\Delta \ell$ – абсолютная деформация (модуль изменения длины в результате деформации); ℓ_0 – первоначальная длина образца.

Коэффициент анизотропии, характеризующий различие свойств в различных направлениях, возникающих в процессе экструзии пленки, рассчитан по формуле:

$$K_{ан} = \frac{L_{пр}}{L_{пп}} , \quad (7)$$

где $L_{пр}$ – разрывная длина в продольном направлении; $L_{пп}$ – разрывная длина в поперечном направлении.

В работе определены прочностные и деформационные свойства пленки, полученные методом рукавной экструзии из низкомолекулярного полиэтилена Шуртанского ГХК. Результаты исследования для каждого из образцов пленки вставлены в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Направление отлива	Прочностные свойства				Деформационные свойства			$K_{ан}$
	разрывное усилие Q		предел прочности σ	разрывная длина L	модуль изменения длины $\Delta \ell$	относительная деформация λ	Модуль упругости (Юнга) E	
	кгс	Н						
Для пленки №1								
Поперечное	1	10	8,09	737,95	>350	>175	>4,62	1,5
Машинное	1,5	15	12,14	1106,93	>350	>175	>6,94	
Для пленки №2								
Поперечное	0,9	9	8,67	909,50	>350	>175	>4,96	1,12
Машинное	0,8	8	7,71	808,45	>350	>175	>4,41	

Как видно из табл. 2, у образца пленки №1 при степени анизотропии 1,5 в машинном направлении прочность выше, чем у образца №2.

При испытании измеряли нагрузку и удлинение, по результатам которых построены кривые зависимости (рис.2 и 3).

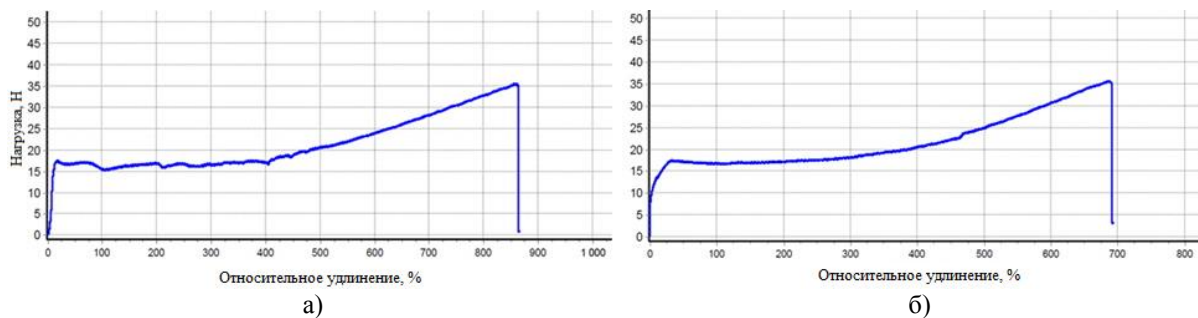


Рис. 2

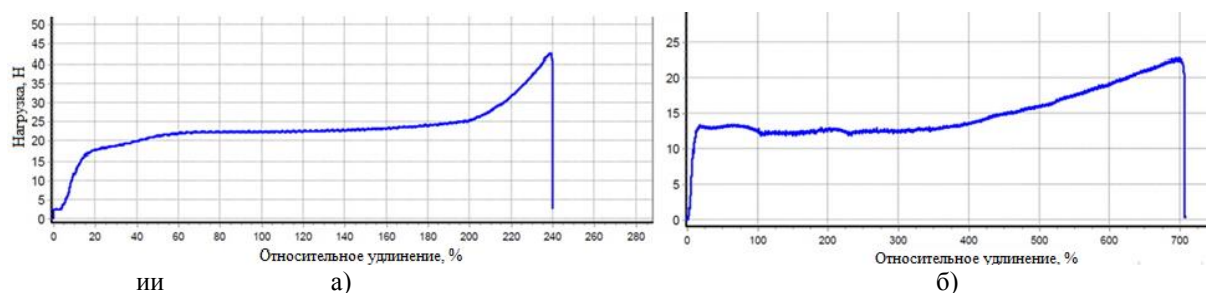


Рис. 3

Анализ зависимости, приведенной на рис.2, 3, позволяет сделать вывод, что чем больше толщина образца (пленка №1 –

90,34 мкм), тем больше его деформация, а следовательно, и удлинение образца.



Рис. 4

Комплексная оценка прочностных и деформационных свойств в двух направлениях выявила, что пленка №1 имеет небольшие различия во взаимно-перпендикулярных направлениях по относительному удлинению и максимальному напряжению (рис.4). Различия между измерениями объясняются тем, что пленка не является полностью однородной по всей площади.

Еще одно свойство пленок, исследуемое в данной работе, – сопротивление раздираению. Сущность метода заключается в определении усилия, необходимого для раздираения определенной длины предварительно надрезанного испытуемого образца, состоящего из наложенных друг на друга четы-

рех образцов, с помощью маятника, который создает это усилие при перемещении перпендикулярно к плоскости испытуемого образца. Работа, совершаемая при раздираении испытуемого образца, измеряется потерей потенциальной энергии маятника³.

Значения показателей сопротивления в двух направлениях (табл.3) рассчитаны по формуле:

$$Z = \frac{16 \cdot A}{n}, \quad (8)$$

где 16 – цена деления шкалы прибора; А – показание по шкале прибора; n – количество образцов в испытываемой стопе.

Таблица 4

Испытуемые образцы	№1		№2	
	A	Z, сН	A	Z, сН
Перпендикулярное	Не рвется	-	Не рвется	-
Машинное	65	520	59	472

По полученным данным табл.4 (показания сопротивления раздираению испытуемых образцов) видно, что пленки в направлении экструзии рвутся хуже в связи с тем, что в данном направлении преимущественная ориентация полимерных цепочек.

Обеспечение стабильности размеров полимерных пленок в сочетании с высокой

прочностью, в широком температурном интервале при печати на высокоскоростных печатных машинах, является одним из требований для качественного воспроизведения.

Термостабильность (усадку) S характеризовали изменением размеров пленки по отношению к первоначальному размеру,

³ ГОСТ 13525.3-97 «Полуфабрикаты волокнистые и бумага. Метод определения сопротивления раздираению (метод Эльмендорфа)»

выраженным в %, после ее тепловой обработки и охлаждения, расчет произведен по следующей формуле:

$$S = \frac{L_T - L_0}{L_0} \cdot 100\%, \quad (9)$$

где L_0 – первоначальная длина; L_T – длина после усадки.

Результаты занесены в табл.5. (изменение линейных размеров под действием температуры).

Т а б л и ц а 5

Показатели	Поперечное направление		Машинное направление	
	пленки №1	пленки №2	пленки №1	пленки №2
Первоначальная длина L_0 , мм	99,6	99,8	100	99,6
Длина после термообработки L_T , мм	98,2	91,2	58	65,4
Термостабильность S	1,41	8,62	42	34,34

Видно, что усадка в машинном направлении на порядок превышает усадку в поперечном направлении. Это объясняется особенностью полимерных цепей в направлении экструзии и их стремлением занять выгодное положение с минимальной энергией, что и происходит в пленке.

Для пленок обеих маркировок дополнительно проводилось испытание по изменению линейных размеров пленки в течение времени под действием небольших (80°C) температур.

Т а б л и ц а 6

Показатели	Наплавление пленки №1		Наплавление пленки №2	
	поперечное	продольное	поперечное	продольное
Первоначальная длина L_0 , мм	100,4	100,0	100,0	100,4
Длина после термообработки 5 мин, мм	99,8	98,4	99,6	100,2
Длина после термообработки 10 мин, мм	101,0	98,0	99,6	100,2
Длина после термообработки 15 мин, мм	101,0	97,8	99,6	100,2
Длина после термообработки 30 мин, мм	101,2	96,8	99,2	100,2

Как видно из табл.6, изменение линейных размеров при меньшей температуре и более продолжительном времени происходит значительно медленнее. При этом для пленки №1 в поперечном направлении идет увеличение линейного размера пленки. Данное явление можно объяснить тем, что под действием небольших температур идет утолщение полимерных цепочек и их переориентации, что влечет за собой увеличение и линейных размеров.

ВЫВОДЫ

На основании выполненных исследований выявлено, что исследуемые пленки, полученные методом рукавной экструзии из гранул низкомолекулярного полиэтилена

Шуртанского ГХК (Узбекистан), по механическим показателям относятся к пленке высшего сорта (ГОСТ 10354-82), что позволяет использовать их в широком диапазоне, в том числе в качестве упаковочного материала в различных отраслях народного хозяйства; для изготовления товаров народного потребления. Термостабильность полимерных пленок в сочетании с высокой прочностью обеспечит качественное воспроизведение при печати на высокоскоростных печатных машинах. Применение низкомолекулярного полиэтилена для упаковочной индустрии будет способствовать созданию на базе местных сырьевых ресурсов производства, обеспечивающего импортозамещение и насыщение внутреннего рынка необходимыми потребительскими

товарами, экономию и рациональное использование валютных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баблюк Е.Б. Свойства полимерных пленок и особенности печати на них // Флексография и специальные виды печати. – 2007, №7. С. 48...50.

2. Шагиахметова А.Х., Идиатуллина К.С. Управление качеством полимерных материалов при производстве полиграфической продукции // Вестник Казанского технологического университета. – 2011, №8. С.245...253.

3. Равшанов Д.Ч., Баблюк Е.Б. Особенности печатания на полимерных пленках // Вестник МГУП. – 2012, №6. С.51...56.

4. Сорокин Б.А. Современная флексография-универсальный способ печати с широкими возможностями // "ФлексоПлюс". – 1997, №1(1).

5. Лашкина Е.В. Исследование физико-химических и эксплуатационных свойств инсектицидных полимерных пленок // Вестник Витебского ГТУ. – 2020, №2 (39). С.108...116.

6. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

7. Исследование Высшей школы государственного администрирования (ВШГА) МГУ им.М.В.Ломоносова [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rupec.ru/news/43460/>.

8. Jenkins W.A., Osborn K.R. Plastic Films: Technology and Packaging Applications // Lancaster,PA, Technomic Publ.Co.,Inc. – 1992.

9. Щварц О., Эбелинг Ф., Фурт. Б. Переработка пластмасс / Под ред. А.Д.Паниматченко – Изд.: Профессия, СПб, 2005.

10. Ухарцева И.Ю., Цветкова Е.А., Гольдаде В.А. Методы изготовления полимерной упаковки для пищевых продуктов (обзор) // Пластические массы. – 2020, №7-8. DOI: 10.35164/0554-2901-2020-7-8-40-48

11. Технология получения рукавной пленки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://polymerbranch.com/termoplast/view/5/4html#v4>.

12. <https://propolyethylene.ru/plenka/propolyethylene.ru>

13. Ахмедова О.Б., Нуруллаева З.В., Комилов М.З., Асадова Д.Ф., Ражабов Р.Н., Фозилов С.Ф. Основные направления применения низкомолекулярного полиэтилена из местного вторичного сырья // Universum: технические науки. – 2019, №11 (68). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8213>. DOI - 10.32743/UniTech.2019.68.11-3

14. Кузовлева О.В., Проскуряков Н.Е. Исследование свойств полимерных упаковочных материалов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2015, №7. Ч.2 С.78...82

15. Хакназарова О., Бабаханова Х. Характеристики флексографской печати на полиэтиленовой пленке // Текстильный журнал Узбекистана. – 2020, №4. С.97...102.

REFERENCES

1. Bablyuk E.B. Svoystva polimernykh plenok i osobennosti pechati na nih // Fleksografiya i special'nye vidy pechati. – 2007, №7. S. 48...50.

2. SHagiahmetova A.H., Idiattullina K.S. Upravlenie kachestvom polimernykh materialov pri proizvodstve poligraficheskoy produkcii // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2011, №8. S.245...253.

3. Ravshanov D.CH., Bablyuk E.B. Osobennosti pechataniya na polimernykh plenках // Vestnik MGUP. – 2012, №6. S.51...56.

4. Sorokin B.A. Sovremennaya fleksografiya-universal'nyj sposob pechati s shirokimi voz-mozh-nostyami // "FleksoPlyus". – 1997, №1(1).

5. Lashkina E.V. Issledovanie fiziko-himicheskikh i ekspluatatsionnykh svoystv insektitsidnykh polimernykh plenok // Vestnik Vitebskogo GTU. – 2020, №2 (39). S.108...116.

6. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

7. Issledovanie Vysshej shkoly gosudarstvennogo administrirovaniya (VSHGA) MGU im.M.V.Lomonosova [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.rupec.ru/news/43460/>.

8. Jenkins W.A., Osborn K.R. Plastic Films: Technology and Packaging Applications // Lancaster,PA, Technomic Publ.Co.,Inc. – 1992.

9. SHCHvarc O., Ebeling F., Furt. B. Pererabotka plastmass / Pod red. A.D.Panimachenko – Izd.: Professiya, SPb, 2005.

10. Uharceva I.YU., Cvetkova E.A., Gol'dade V.A. Metody izgotovleniya polimernoj upakovki dlya pishchevykh produktov (obzor) // Plasticheskie massy. – 2020, №7-8. DOI: 10.35164/0554-2901-2020-7-8-40-48

11. Tekhnologiya polucheniya rukavnoj plenki [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://polymerbranch.com/termoplast/view/5/4html#v4>.

12. <https://propolyethylene.ru/plenka/propolyethylene.ru>

13. Ahmedova O.B., Nurullaeva Z.V., Komilov M.Z., Asadova D.F., Razhabov R.N., Fozilov S.F. Osnovnye napravleniya primeneniya nizkomolekulyarnogo polietilena iz mestnogo vtorichnogo syr'ya // Universum: tekhnicheskie nauki. – 2019, №11 (68). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8213>. DOI - 10.32743/UniTech.2019.68.11-3

14. Kuzovleva O.V., Proskuryakov N.E. Issledovanie svoystv polimernykh upakovochnykh materialov // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2015, №7. CH.2 S.78...82

15. Haknazarova O., Babahanova H. Harakter-stiki fleksografskoj pechati na polietilenovoj plenke // Tekstil'nyj zhurnal Uzbekistana. – 2020, №4. S.97...102.

Рекомендована кафедрой технологии полиграфического и упаковочного производства ТИТЛП. Поступила 02.06.22.

УСКОРЕННАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

ACCELERATED STABILIZATION OF POLYACRYLONITRILE FIBER FOR PRODUCING HIGH-STRENGTH CARBON FIBERS

Е.А. ТРОФИМЕНКО, Т.В. БУХАРКИНА, С.В. ВЕРЖИЧИНСКАЯ, И.А. КОЗЛОВСКИЙ

E.A. TROFIMENKO, T.V. BUKHARKINA, S.V. VERZHICHINSKAYA, I.A. KOZLOVSKY

(Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева)

(Mendeleev University of Chemical Technology of Russia)

E-mail: e.trofimenko@umatex.ru; tvb_53@mail.ru; verlanasv@muctr.ru; iakozlovskiy@muctr.ru

В статье представлена апробация методики ускоренного окисления полиакрилонитрильных волокон для получения углеродного волокна на опытно-промышленном оборудовании. Была поставлена задача получить из промышленно выпускаемого ПАН прекурсора с номиналом 12 тысяч монофиламентов (12k) высокопрочное (4,0...4,5 ГПа) углеродное волокно со стандартным модулем упругости (220...260 ГПа), при уменьшенном времени стабилизации. В качестве критических параметров при проведении работы также учитывалась линейная плотность получаемого углеродного волокна, которая должна быть на уровне мировых аналогов.

Проведенная серия экспериментов подтвердила правильность выбранного и продемонстрированного ранее направления с ускорением процесса термостабилизации путем разделения реакций циклизации и дегидрирования. В процессе выполнения работы авторами были решены проблемы с образованием нестабильной гетерофазной структуры, приводящей к снижению физико-механических свойств волокна, а также оптимизирован температурно-деформационный режим получения углеродного волокна на стадии термостабилизации для получения наиболее высоких физико-механических характеристик.

Использование решений, предлагаемых авторами, позволит в будущем увеличить производительность имеющегося промышленного оборудования по производству углеродных волокон, что в конечном итоге должно привести к снижению их стоимости.

The article presents the approbation of accelerated oxidation technique of polyacrylonitrile fibers for the production of carbon fiber on experimental industrial equipment. The task was set to obtain a high-strength (4.0- 4.5 GPa) carbon fiber with a standard modulus of elasticity (220-260 GPa) from an industrially produced PAN precursor with a nominal value of 12 thousand monofilaments (12k), with a reduced stabilization time. As critical parameters during the work, the linear density of the resulting carbon fiber was also taken into account, which should be at the level of world analogues.

The conducted series of experiments confirmed the correctness of the chosen and previously demonstrated direction with the acceleration of the thermal stabilization process by separating the cyclization and dehydrogenation reactions. In the course

of the work, the authors solved the problems with the formation of an unstable heterophase structure, leading to a decrease in the physical and mechanical properties of the fiber, and also optimized the temperature-deformation mode of obtaining carbon fiber at the stage of thermal stabilization, in order to obtain the highest physical and mechanical characteristics.

The use of the solutions proposed by the authors will allow to increase the productivity of existing industrial equipment for the production of carbon fibers in the future, which ultimately should lead to a reduction in their cost.

Ключевые слова: кинетика, композиты, полиакрилонитрил, углеродные волокна, стабилизация, карбонизация.

Keywords: kinetics, composites, polyacrylonitrile, carbon fibers, stabilization, carbonation.

Введение

Основными характеристиками промышленно получаемых углеродных волокон (УВ) принято считать модуль упругости и прочность, однако практически важным свойством оказывается и линейная плотность. В частности, стандартные высокопрочные УВ ($\sigma=4,0...4,5$ ГПа) со стандартным модулем упругости ($E=220...270$ ГПа) и номиналом 12000 монофиламентов выпускают с линейной плотностью в диапазоне 780...820 текс (г/км) [1...4]. Процесс термостабилизации таких волокон в обычном технологическом режиме занимает 60...120 мин [5...7]. С учетом вышеприведенных характеристик волокна, а также итогов предварительных исследований по предстабилизации волокна в среде азота [8], было составлено техническое задание на разработку лабораторной технологии получения углеродного волокна с использованием ускоренной технологии термостабилизации со следующими требованиями.

1. Прекурсор для волокон, полиакрилонитрильное (ПАН) волокно, должен быть промышленно производимым с номиналом 12000 монофиламентов.

2. Физико-механические характеристики должны соответствовать классификации высокопрочных волокон (4,0...4,5 ГПа) со стандартным модулем упругости (220...270 ГПа).

3. Линейная плотность УВ должна находиться в диапазоне 780...800 текс.

4. Общая продолжительность стабилизации волокна не должна превышать 30 мин.

Дальнейшее масштабирование подобной технологии до промышленного масштаба позволит увеличить производительность оборудования по получению углеродных волокон, тем самым снизив себестоимость их производства.

Методы

Исследование проводилось с использованием оборудования опытной линии получения углеродного волокна (ОЛП УВ), расположенной на территории научно-исследовательского центра компании АО "Юма-текс". В состав линии входит 6 печей окисления, способных работать при температурах до 300°C, печь низкотемпературной карбонизации (ПНК) с рабочим диапазоном температур до 900°C, печь высокотемпературной карбонизации (ПВК) с рабочей температурой до 1500°C, стенд электрохимической обработки волокна (ЭХО), включающий, помимо узла ЭХО, узел сушки и аппретирования, дополнительные системы обеспечения (дымоудаление и дожиг, система циркуляции охлаждающей воды, азотная станция, намотчики и др.). Система выстроена в единую линию, элементы которой соединены посредством транспортной системы, представляющей собой программируемые транспортные пятивалковые станы с возможностью задания индивидуальной скорости на каждом из них для создания вытяжек или усадок между зонами.

Оборудование линии может работать, как в индивидуальном режиме (запуск и отработка отдельной стадии), так и непосредственно в полноформатном режиме для получения УВ из ПАН-волокна.

В качестве ПАН прекурсора для проведения всех работ было выбрано иностранное промышленно выпускаемое волокно под условным обозначением 12k.

При наработке образцов сравнения, полученных по классической технологии стабилизации, путем окисления ПАН-волокна кислородом воздуха, линия работала в непрерывном режиме. Проведение процесса ускоренного окисления со стадией стабилизации в азоте требовало использования периодического режима. При отработке данной технологии проводилась обработка волокна в среде азота путем пропускания через печь низкотемпературной карбонизации (ПНК) с последующей намоткой образцов на приемном устройстве. Использование данной печи обусловлено возможностью создания наиболее чистой среды азота в рабочей камере и высокой точностью регулирования температуры.

После проведения предстабилизации образцы окислялись до требуемой плотности в трех печах окисления и карбонизовались с получением углеродного волокна.

Прочность углеродных волокон, полученных как по режиму сравнения, так и по экспериментальным режимам, оценивалась по стандарту ГОСТ Р ИСО 10618–2012 [9].

Результаты и обсуждение

В качестве образцов сравнения были наработаны УВ по стандартному режиму стабилизации, используемому на опытной установке научно-исследовательского центра (НИЦ). В результате принятой в НИЦ технологии 60-минутной стабилизации было получено окисленное волокно с объемной плотностью 1367,0 кг/м³, устойчивое к высокотемпературной обработке в зонах карбонизации. В результате карбонизации были получены образцы с прочностью 4,65 ГПа и модулем упругости 258 ГПа. Линейная плотность составила 790 текс.

Помимо получения образцов в стандартных условиях, был проведен экспери-

мент с ускорением классической технологии окисления (окисление в течение 30 мин) путем увеличения скорости стабилизации волокна в окислительной среде только за счет использования более высоких температур. В результате было получено УВ с прочностью 4,51 ГПа и модулем 241 ГПа, однако его линейная плотность составила всего 705 текс, что является мало пригодным для промышленного использования. Кроме того, опыт промышленного производства показывает, что повышение температуры на начальных этапах стабилизации (в основном в первой зоне окисления) может приводить к обрывам волокон, их перегоранию и даже к пожарам.

Данных недостатков лишена технология, включающая использование азота в первой зоне безокислительной стабилизации. Исключение окислителя дает возможность повышения температуры реакции, не нарушая безопасности технологического процесса. Эксперимент по ускоренной стабилизации с использованием среды азота был построен на основании расчета продолжительности процесса по кинетической модели, полученной ранее [8]. Данный эксперимент насчитывал в себе две основные стадии: наработка предстабилизированного волокна в печи низкотемпературной карбонизации (ПНК) с подачей азота с чистотой не менее 10 ppm и непосредственное окисление волокна в печах кислородом воздуха до получения плотности >1360 кг/м³. Суммарное время стабилизации составило 30 мин, из которых 10 мин происходила предстабилизация в печи ПНК, а 20 мин производилось трехзонное окисление. На рис. 1 (изменение плотности образцов в зависимости от условий термостабилизации (черные квадраты – классическая технология (60 мин) с окислением в шести печах; черные крестики – ускоренная окислительная стабилизация в течение 30 мин в шести печах окисления; серые точки – режим ускоренного окисления с использованием стадии стабилизации в азоте в ПНК с последующим окислением в трех печах окисления) представлены профили изменения плотности при наработке по всем трем режимам.

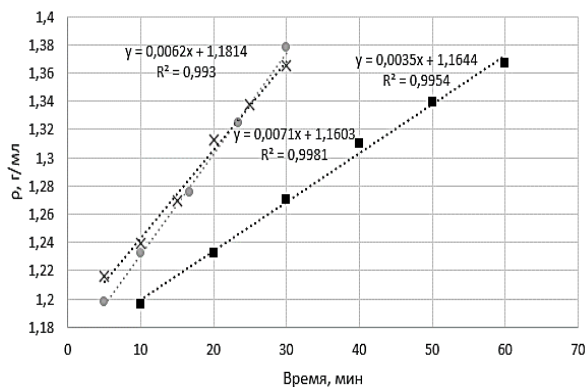


Рис. 1

В результате процесса с дополнительной предстабилизацией получены образцы неудовлетворительного качества: волокно имело низкую прочность, недостаточный модуль и низкое значение линейной плотности. Оптимизация деформационного режима позволила поднять указанные характеристики, однако линейная плотность и модуль упругости все же находились на слишком низком уровне (табл. 1 – сравнительные результаты наработки образцов УВ.)

Таблица 1

Показатели	Окислительная стабилизация	Ускоренная окислительная стабилизация	Экспериментальный режим. Итерация 1.	Экспериментальный режим. Итерация 2.
Время стабилизации, мин	60	30	10+20 (стабилизация в азоте + окисление)	10+20 (стабилизация в азоте + окисление)
σ , ГПа	4,65	4,51	3,75	4,29
E , ГПа	258	251	218	220
Линейная плотность, текс	790	705	730	739
Примечание	Стандартный процесс	–	–	Оптимизирован деформационный режим

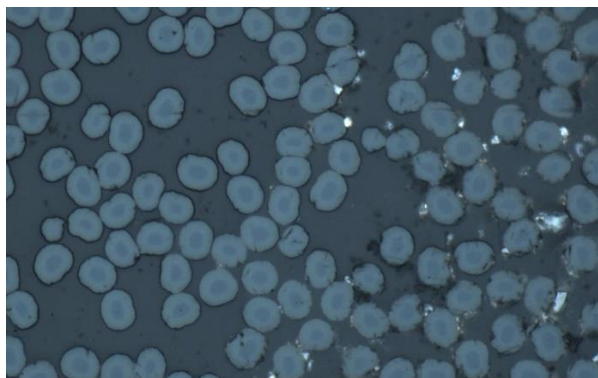


Рис. 2

Микроскопия срезов образцов волокон после экспериментальных режимов показывает наличие в них ярко выраженной структуры ядро-оболочка (рис. 2 – пример структуры ядро-оболочка, полученной после 2-й итерации экспериментального режима). Она появляется после первой зоны окисления и с каждой последующей зоной становится все более и более ярко выраженной. Наличие такой структуры приводит к неоднородности свойств стабилизированного волокна, которое впоследствии подвергается высокотемпературной обработке

в печах карбонизации. Предположительно, ядро имеет меньшую плотность, чем оболочка, что, вероятнее всего, приводит к полной или частичной деструкции недостаточно стабилизированной части волокна в зоне ПНК и снижению его физико-механических свойств.

Основываясь на фотографиях поперечных срезов, на которых отчетливо выделяется гетерогенная структура, был сделан вывод, что процесс протекает по модели сжимающегося ядра, и область протекания реакции ароматизации вещества ПАН является либо внешнедиффузионной, либо внешнекинетической, то есть окисление материала происходит только вблизи поверхности волокна, не проникая во внутренние области. Для повышения степени ароматизации ядра очевидна необходимость перевода процесса во внутридиффузионную область, однако для этого необходимо убедиться в текущей области протекания реакции окисления в зоне, непосредственно следующей после зоны термостабилизации в азоте. По Я.Б. Зельдовичу, температурную зависимость константы

скорости гетерогенной (топохимической) реакции представляет рис. 3 (области протекания топохимического процесса) [10].

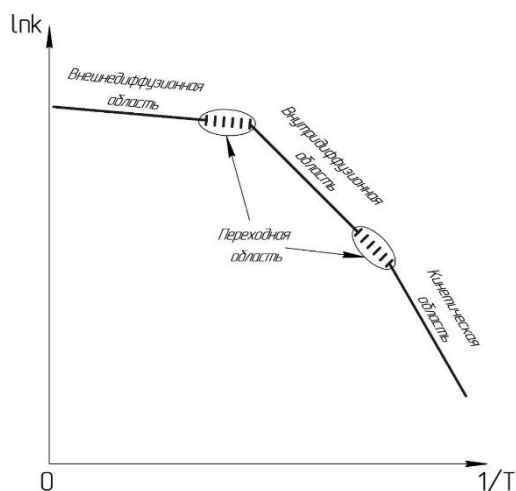


Рис. 3

Стоит отметить, что имеются различные варианты перевода процесса из одной области в другую: изменение диаметра зерна твердого тела, изменение температуры и скорости потока газа.

В данной ситуации снижение диаметра филаментов не имеет практического смысла, т.к. диаметры выпускаемых промышленностью ПАН-волокон стандартизованы. Следовательно, такая возможность совершенствования процесса имеет только теоретическую ценность, тем более что использование тонких волокон снижает производительность оборудования.

Изменение скорости потока газов внутри печей допустимо в случае работ на опытной линии, однако нежелательно на промышленном производстве. В случае увеличения скорости потока возможно перепутывание волокон, которые на производстве идут по линии близко друг к другу для повышения производительности. Это приводит к их взаимному травмированию и даже к обрыву. При уменьшении скорости потока снижается эффективность снятия тепла, выделяющегося в результате экзотермической реакции, что может вызвать локальные перегревы и обрывы.

Однако на опытной линии именно варьирование скорости потока газов внутри печи окисления было применено для опре-

деления области протекания реакции. В общем случае уравнение скорости топохимического процесса для реакции первого порядка на внешней поверхности твердого тела имеет вид:

$$W = \frac{\beta k}{\beta + k} C, \quad (1)$$

где W – скорость процесса; β – коэффициент массоотдачи; k – константа скорости реакции; C – концентрация реагирующего вещества.

Данное уравнение включает в себя факторы как непосредственно протекания самой реакции (k), так и диффузии газов к поверхности твердого тела (β), при взаимодействии этих факторов влияния возможны две граничные области, а именно:

1. Константа скорости реакции значительно больше коэффициента массоотдачи ($k \gg \beta$).

При этом влиянием коэффициента массоотдачи в знаменателе можно пренебречь ($\beta \approx 0$), тогда уравнение примет вид:

$$W = \frac{\beta k}{k} C = \beta C, \quad (2)$$

т.е. скорость протекания процесса определяет перенос газообразного реагента через приграничный газовый слой (ПГС). Такая область протекания реакции называется внешнедиффузионной областью.

2. Константа скорости реакции значительно меньше коэффициента массоотдачи ($k \ll \beta$).

В данном случае в знаменателе можно пренебречь влиянием константы скорости ($k \approx 0$), тогда уравнение примет следующий вид:

$$W = \frac{\beta k}{\beta} C = kC, \quad (3)$$

т.е. лимитирующим фактором скорости процесса в таком случае является скорость химической реакции. Такая область протекания реакции называется кинетической областью.

Коэффициент массоотдачи представляет собой отношение коэффициента диффузии (D) к толщине δ приграничного газового слоя (ПГС), скорость движения потока газа в котором равна нулю, а перемещение молекул газа из ядра потока к поверхности твердого тела происходит исключительно за счет молекулярной диффузии:

$$\beta = \frac{D}{\delta}. \quad (4)$$

Толщина ПГС снижается с увеличением скорости потока, что приводит к увеличению β . Очевидно, если процесс протекает в кинетической области, увеличение линейной скорости газа, соответственно, величины β не приведет к его интенсификации. Но, в случае с внешнедиффузионным протеканием процесса, увеличение коэффици-

ента массоотдачи увеличит скорость переноса кислорода к волокну, что повысит его концентрацию на поверхности твердого тела. Высокая концентрация реагента на поверхности волокна улучшит условия его диффузии внутрь материала, что при стабилизации волокна может привести к гомогенизации его структуры и повышению объемной плотности.

Данный принцип было предложено использовать для определения области протекания реакции. Были наработаны два образца волокон, каждый из которых был предварительно стабилизирован в течение 10 мин в печи низкотемпературной карбонизации (ПНК), а затем окислены в печи окисления №1 в течение 10 мин при одинаковой температуре, но различной линейной скорости потока внутри оборудования.

Т а б л и ц а 2

Образец	Печь окисления №1. Время пребывания 10 минут.		Линейная скорость потока воздуха, м/с	ρ , г/см ³
	Т°С	Частота работы вентилятора, Гц		
1	260	10	1,2	1,306
2		40	3,2	1,320

Из табл. 2 (определение зоны протекания реакции варьированием скорости потока) видно, что при повышении скорости потока газа в одинаковых температурных условиях происходит рост плотности волокон. По-видимому, окисление волокон действительно является внешнедиффузионным процессом. Тогда для его перевода во внутريدиффузионную область следует уменьшить температуру стабилизации.

Был проведен эксперимент по окислению предстабилизированного волокна в одной печи с различными температурами обработки. Из полученных образцов изготавливались шлифы, после чего под микроскопом оценивалось наличие структуры ядро-оболочка. В результате эксперимента было установлено, что при снижении температуры до 220...250°С гетерогенные структуры не образуются (рис. 4 – снимок волокна, прошедшего стадии предстабилизации в азоте и оптимизированного режима окисления в 1-й зоне).

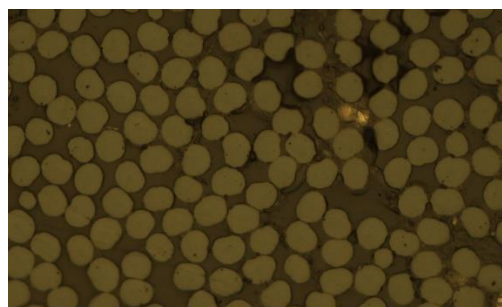


Рис. 4

Изменение температуры в первой зоне окисления потребовало некоторых корректировок температуры последующих зон для достижения требуемой плотности стабилизированного волокна >1360 кг/м³. Изготовление шлифов из образцов волокон после каждой из зон оптимизированного режима также подтвердило отсутствие структуры ядро-оболочка. Свойства волокон, полученных по обновленному режиму, представлены в табл. 3 (результат оптимизации температурно-деформационного режима стабилизации волокна).

Т а б л и ц а 3

Параметры	Экспериментальный режим. Итерация 3.
Время стабилизации, мин	10+20
σ , ГПа	4,33
E, ГПа	242
Линейная плотность, текс	785

ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы подтверждена возможность получения высокопрочного УВ при ускоренном режиме термостабилизации, описанная в статье [8]. Использование данной технологии, при масштабировании на промышленное оборудование позволит значительно увеличить производительность промышленных линий получения УВ, что приведет к снижению его стоимости. Наблюдаемый эффект ядра-оболочки обусловлен не только условиями стабилизации, но и диаметром ПАН-волокна, используемого для получения высокопрочных волокон. Учитывая, что для получения сверхвысокопрочных волокон ($\geq 5,5$ ГПа) используется более тонкое сечение филамента, результаты работы могут быть особенно перспективны при использовании режима предстабилизации для получения волокон более высокого класса свойств. Недостатком технологии на данном этапе является отсутствие специализированного оборудования для проведения процесса предстабилизации с последующим окислением в непрерывном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая информация на углеродные волокна фирмы Toray [электронный ресурс]. - <https://www.torayca.com/en/download/>. Дата обращения 10 ноября 2021 года.
2. Техническая информация на углеродные волокна фирмы Umatex [электронный ресурс]. - <https://umatex.com/production/fiber/>. Дата обращения 10 ноября 2021 года.
3. Техническая информация на углеродные волокна фирмы Aksaca [электронный ресурс]. - <https://www.dowaksa.com/aksaca/>. Дата обращения 10 ноября 2021 года.
4. Техническая информация на углеродные волокна фирмы Teijin [электронный ресурс]. - <https://www.teijinacarbon.com/ru/produkcija/uglerodny>

e-voлокna-tenaxr/zhguty-tenaxr/. Дата обращения 10 ноября 2021 года.

5. Liu Jie, Zhang Yueyi, Lianfeng, Ma Zhaokun, Liang Jieying. Pat. CN102154740A China. 2011.

6. John Desmond Cook, Thomas Taylor, Girish Vishnukant Deshpande, Longgui Tang, Barry Dewayne Meece, Suzanne Crawford, Shao C. Chiu, Billy D. Harmon, Alan Thomas. Pat. WO2016144488A1. Japan. 2020.

7. Moss M., Hill C. B., Rowland M. R. Pat. 4100004A USA. 1978.

8. Трофименко Е.А., Бухаркина Т.В., Вержичинская С.В., Гаврилов Ю.В. Кинетическая модель термостабилизации полиакрилонитрильных волокон в атмосфере азота // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, №6. С. 129...135.

9. ГОСТ Р ИСО 10618-2012. Волокно углеродное. Метод определения механических свойств пропитанных смолой нитей при растяжении.

10. Франк-Каменецкий Д.А. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – 4-е изд. – Долгопрудный. Издательский дом "Интеллект", 2008.

REFERENCES

1. Tekhnicheskaya informaciya na uglerodnye volokna firmy Toray [elektronnyj resurs]. - <https://www.torayca.com/en/download/>. Data obrashcheniya 10 noyabrya 2021 goda.
2. Tekhnicheskaya informaciya na uglerodnye volokna firmy Umatex [elektronnyj resurs]. - <https://umatex.com/production/fiber/>. Data obrashcheniya 10 noyabrya 2021 goda.
3. Tekhnicheskaya informaciya na uglerodnye volokna firmy Aksaca [elektronnyj resurs]. - <https://www.dowaksa.com/aksaca/>. Data obrashcheniya 10 noyabrya 2021 goda.
4. Tekhnicheskaya informaciya na uglerodnye volokna firmy Teijin [elektronnyj resurs]. - <https://www.teijinacarbon.com/ru/produkcija/uglerodnye-volokna-tenaxr/zhguty-tenaxr/>. Data obrashcheniya 10 noyabrya 2021 goda.
5. Liu Jie, Zhang Yueyi, Lianfeng, Ma Zhaokun, Liang Jieying. Pat. CN102154740A China. 2011.
6. John Desmond Cook, Thomas Taylor, Girish Vishnukant Deshpande, Longgui Tang, Barry Dewayne Meece, Suzanne Crawford, Shao C. Chiu, Billy D. Harmon, Alan Thomas. Pat. WO2016144488A1. Japan. 2020.
7. Moss M., Hill C. B., Rowland M. R. Pat. 4100004A USA. 1978.
8. Trofimenko E.A., Buharkina T.V., Verzhichinskaya S.V., Gavrilov YU.V. Kineticheskaya model' termostabilizacii poliakrilonitriľnyh volokon v atmosfere azota // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №6. S. 129...135.

9. GOST R ISO 10618-2012. Volokno uglerodnoe. Metod opredeleniya mekhanicheskikh svojstv propitannyh smoloy nitej pri rastyazhenii.

10. Frank-Kameneckij D.A. Osnovy makrokinetiki. Diffuziya i teploperedacha v himicheskoj kinetike. – 4-

e izd. – Dolgoprudnyj. Izdatel'skij dom "Intellekt", 2008.

Рекомендована кафедрой химической технологии углеродных материалов. Поступила 29.03.22.

UDC 687.1

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_180

**A STUDY OF ARM SHAPE
RELATED TO SLEEVE PATTERN OF CLOTHING**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ РУКИ,
СВЯЗАННОЙ С РУКАВОМ МОДЕЛИ ОДЕЖДЫ**

BUYANDELGER DAVAADORJ

БУЯНДЭЛГЭРЮ ДАВААДОРЖ

**(Industrial Technology School,
Mongolian University of Science and Technology, Mongolia**

**(Школа промышленной технологии,
Монгольский университет науки и технологии, Монголия)**

E-mail: Dbuyandelger@must.edu.mn

Detecting the human sloping arm shape is a challenging task due to the clothing sleeve pattern. Sleeve is most important piece of clothing, which influence to the appearance. Good fitted sleeve depend on sloping arm shape anatomy. In the sleeve pattern to make the slope line of the forearm, most apparel engineers use the angles of Russian standard body type. But it is not giving best appearance and fit for the sleeve. Purpose of the research is to study the sloping arm shape angles of the Mongolian young male, which is used for clothing pattern. 323 healthy male were participated in this research. Three basic measurements were taken manually. To determine the main arm shape angles, photos of every person were taken from the side by digital camera (DM-Fx7). Photos were introduced by Auto Cad 07. Data of values were analyzed on the Statistica 07. Results of the study presents that Mongolian young male's arm shape is oriented upright comparing with Russian young male arm shape. Angles of Russian standard body type were more than Mongolian. It means that sleeve back sloping line will have smaller slope and could appear the wrinkles across the vertical line of the sleeve. In the next research we will study the sleeve pattern defects because of the different sloping arm shape.

Рукав – самый важный элемент одежды, который влияет на внешний вид и посадку одежды. Качество прилегания рукава к изделию достигается за счет его соответствия размеру и форме руки, пропорционального соотношения размера рукава к размеру изделия и правильной ориентации рукава. Ориентация рукава в изделии определяется положением и формой руки человека. Для проектирования рукавов одежды большинство монгольских

конструкторов одежды используют стандартные углы между плечом и предплечьем, углы, которые определяют отклонение от вертикали, проведенной от вершины оката нижнего конца переднего переката рукава для типичного телосложения русской фигуры. Но это не придает изделию лучший вид и не подходит формам руки монгольских юношей.

Целью исследования было изучение наклонных углов формы руки монгольского юноши, которая используется для конструирования одежды. В исследовании приняли участие 323 здоровых мужчин. Чтобы определить основные углы формы рук, фотографии каждого человека были сделаны сбоку цифровой камерой (DM-Fx7). С помощью фотографии мы определили углы, характерные для формы рукава, по программе Auto Cad 07. Эти значения были проанализированы с помощью программы Statistica 07. Результаты исследования показывают, что форма руки молодого монгола ориентирована вертикально по сравнению с формой руки молодого россиянина. Углы у типичного русского телосложения были больше, чем у монгола. Это означает, что наклонная линия рукава будет иметь меньший наклон и вдоль вертикальной линии рукава могут появиться складки. В следующем исследовании мы рассмотрим дефекты рукава из-за разной формы наклона плеча.

Keywords: clothing, set-in sleeve, forearm, coverage, roll.

Ключевые слова: одежда, втачной рукав, предплечье, охват, пережат.

Introduction

The arm is one of the most efficient and mobile parts of the human anatomy. It functions primarily in a forward motion but is capable of moving in every direction. In the sleeve pattern, professionals use the angles such as upper and bottom sloping angles of forearm for the Russian standard body type [1, 2]. To determine the body shape and the fit, Kohn and Ashdown first used the video-captured images [3].

Every individual has own arm shape. In the clothing pattern, they are classified as upright, perfect, forward sloping arm shape [6]. Because of the individual feature, wrinkles could appear on the surface of the sleeve, which decrease the appearance and fit [2].

To get best appearance of the sleeve, arm shape angles must be derived from the certain population anthropometry data.

Methodology

In the research, 322 healthy male subjects of age ranging from 19-25 years were participated. Their basic body measurements' values were shown in the Table 1 and were recorded manually using the measurement standard ISO 8559, DN 3137-71 [5].

Table 1

	Basic body measurements	Mean values, cm
1	Height	167.7± 0.32
2	Bust circumference	89.7±0.24
3	Waist circumference	76.2±0.23
4	Upper arm circumference	20.79±1.39

The three new angles were used to determine the arm shape [3]. Terminologies of the sloping arm shape angles were shown in the Table 2

Table 2

Angles	Term	Geometric definitions	Function for the sleeve construction
α	Upper sloping angle of forearm	angle between lines of shoulder vertical and internal side of forearm	General collapse of the arm.
γ	Bottom sloping angle of forearm	angle between the lines vertical from front side of elbow and internal side of hand	Lean of the front side of sleeve bottom from the vertical line across the top point of cape.
β	Back angle of upper arm	Angle between the vertical from the back point and exterior side of upper arm	Expression of the muscle development

Every person was captured from the side way by Digital camera (DM-Fx7). Auto CAD07 was used to determine the angles. Process of the determining the angles on the Auto CAD 07 was shown in the Fig 1.

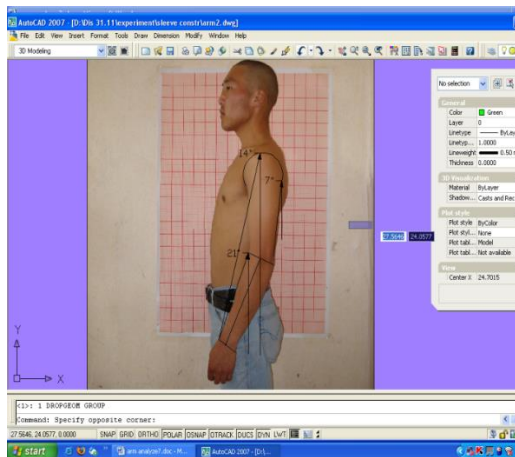


Fig. 1

Results

Data analyzing was made by Statistica 07. Descriptive statistics of the arm shape angles was shown in the Table 3 [7].

Table 3

	Descriptive statistics	α	γ	β
1	Mean	9.34	14.57	7.01
2	Standard Error	0.15	0.20	0.25
3	Median	9	15	8
4	Mode	9	16	0
5	Standard Deviation	2.65	3.58	4.45
6	Sample Variance	7.00	12.81	19.85
7	Kurtosis	-0.48	-0.53	-0.60
8	Skewness	0.04	-0.06	-0.1
9	Range	11	15	17
10	Minimum	4	7	0
11	Maximum	15	22	17
12	Sum	2833	4503	2189
13	Count	303	309	312
14	Largest(1)	15	22	17
15	Smallest(1)	4	7	0
16	Confidence Level(95.0%)	0.29	0.40	0.49

Histograms were created and shown in the Figure.2.

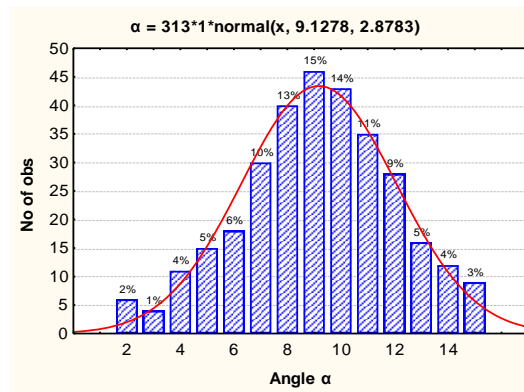


Fig. 2

The Shapiro-Wilk W Test, Kolmogorov-Smirnov test, Lillifors Test method was used in testing for normality and shown in Table 4.

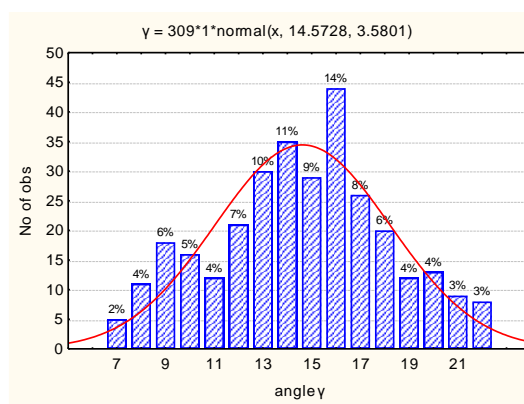


Fig. 3

Table 4

Tests	α	γ	β
Shapiro-Wilk test SW-W	0.9811 p=0.0004	0.9795 p=0.0002	0.9424 p=0.0000
Kolmogorov-Smirnov test	D= 0.0861 p<0.05	D= 0.0821 p<0.05	D= 0.1314 p<0.01
Lillifors Test Distribution	p<0.0099 Normal	p<0.0099 Normal	p<0.0099 Normal

The correlation analysis was examined for each pair of angles variables.

Table 5

Parameters	Sloping arm shape angles		
	α	β	γ
R square	0.9795	0.9357	0.9694
Correlation and P	0.9897 P=00000	9673 P=00000	9846 P=00000
Correlation	(α, γ)	(α, β)	(γ, β)

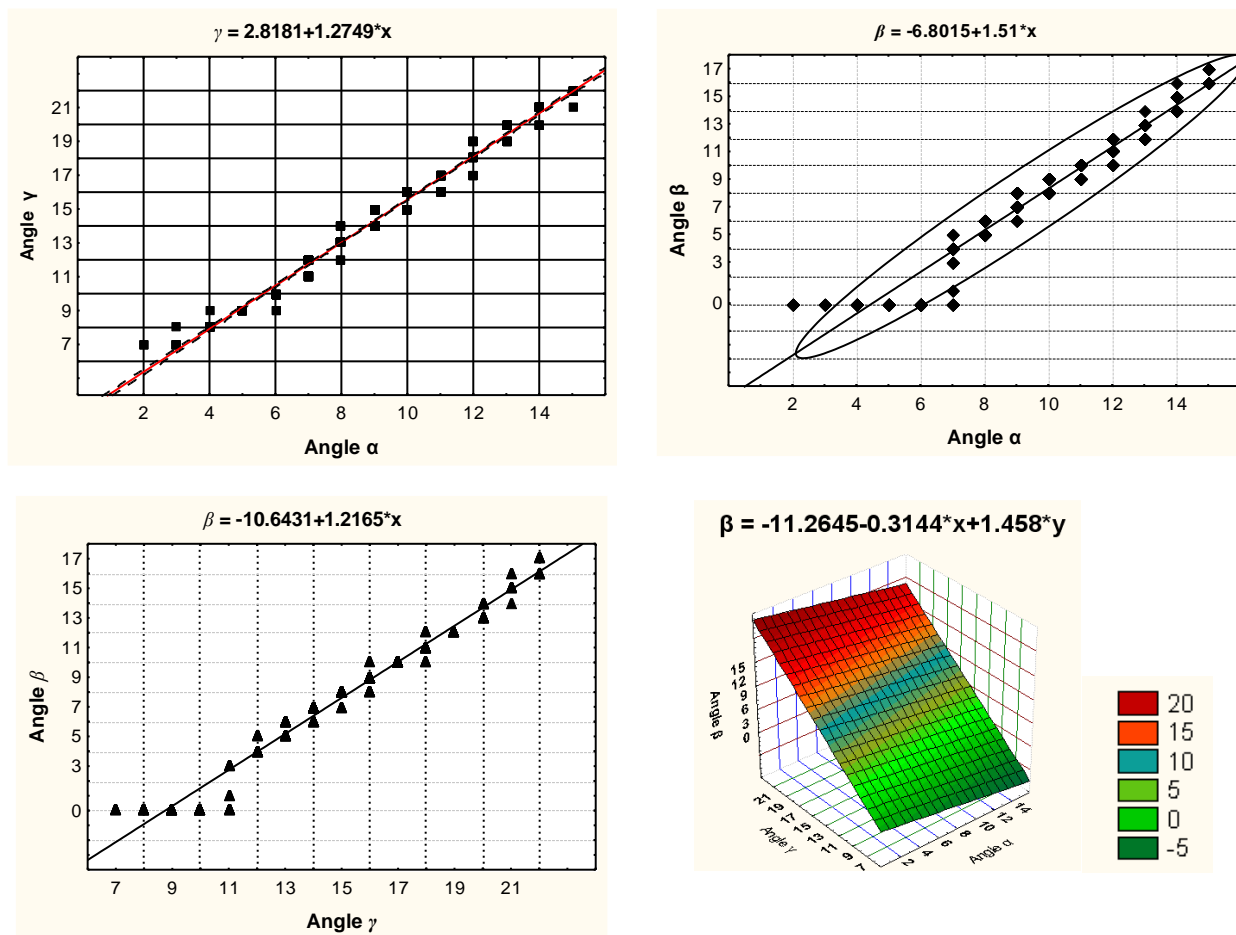


Fig. 4

The surface plot were created by angles, which characterized sloping shape of the arm in the sleeve construction. The specified surface were fitted the values of the variable represented by the z-axis and is shaded in colors corresponding to the z-axis values. Scatter plots were shown in Fig 4.

Mean values of the angles was compared with sloping arm angles of the Russian young men offered by Chenquian. Kuzmichev [4]. It is shown in the Table 6

Table 6

Symbols	Sloping arm angle's values		
	Russian standard body type [1]	Russian young male [4]	Mongolian young male
α	13.0.....14.0	11....13	6.7.....12.0
γ	11.0.....12.0	13-17	11.0.....19.1
β	Not considered	5...7	2.611.5

For Mongolian young males, standard deviation of the angles were larger than Russian.

In general, Mongolian young men's arm shape referred to forward sloping arm shape compare with Russian. Sloping angles of Russian standard body type were more than Mongolian young men.

CONCLUSIONS

For the research, 322 healthy male were invited. Body basic measurements were taking manually. To study the arm shape angles for sleeve construction, males' photos from side were captured by Digital camera. Angles were determined by the Auto Cad 07 in the photo. *Statistica-07* was used to analyze the data of angles. By the result, classification of the sloping arm shape of young men was offered and shown in the table 7.

From the descriptive analyze, all angles had negative kurtosis, which indicates a relatively flat distribution compare with standard distribution. Skewness characterized the degree of asymmetry of a distribution around its

mean. The standard deviations of the angles were big.

Table 7

Angles	Forward	Perfect	Upright
α	12 more	6.7.....12.0	7.0 rather large
γ	20.1 more	11.0.....19.1	10.0 rather large
β	12.5 more	11.5.....2.6	3.6 rather large

Compared results with the Russian young male, upper sloping angles were smaller, lower sloping angles were bigger. It means that shape arm of Mongolian young male belonged to the forward sloping arm shape. Also upper sloping angles of Mongolian young males were smaller; bottom angles were bigger than standard body angles. From the results we could predict that Mongolian young male's arm shape has different from the Russian young male and Russian Standard body type. We need to make

sure that the sloping arm shape angles were counted for the sleeve construction.

REFERENCES

1. *Koblyakova, E.B.* Clothing construction with SAPR element. 'Light industry'. – 1988.
2. *Koblyakova, E.B, Martinova A.N.* Laboratory practice for clothing construction // Light industry.– 1981.
3. *Le Pechoux, B. Ghosh, T.K.* Apparel Sizing and Fit. Textile Progress. – Volume 32. Number1
4. *Chenquian, Kuzmichev.* Maintenance of static conformity of men's jackets the arm morphology // Research journal. – 5, 2006
5. ISO 8559;1989 Garment construction and anthropometric surveys -- Body dimensions. International Standards for Business, Government and Society,1992
6. *Helen Joseph-Armstrong.* Patternmaking for fashion Design. Fourth edition. – 2006
7. *Avdai Ch., Enkhtuya D.* Research methodology. UB. – 2007

Поступила 10.03.22.

УДК 687.17:004.5

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_184

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПОЛНЕНИЯ "УМНОГО" ЖИЛЕТА ДЛЯ ПУТЕШЕСТВЕННИКОВ

FEATURES OF THE FUNCTIONAL FILLING OF THE "SMART" VEST FOR TRAVELERS

И.И. ШАЛМИНА, А.А. СТАРОВОЙТОВА

I.I. SHALMINA, A.A. STAROVOITOVA

(Омский государственный технический университет)

(Omsk State Technical University)

E-mail: i.shalmina@gmail.com, styra.ru@mail.ru

В статье рассмотрена возможность создания и перспективы использования технологичного жилета со встроенным функциональным наполнением для решения задач обеспечения безопасности человека в экстремальных ситуациях, возникающих в период путешествий и туристического отдыха. Выполнен анализ высокотехнологичной спасательной одежды и разработана ее классификация. Приведены результаты социологического исследования, позволившие определить функции "умной одежды", наиболее востребованные для активных путешественников. Рассмотрены варианты жилета с минимальной, базовой и максимальной комплектацией встроен-

ных устройств и дополнительных съемных элементов. По итогам проведенного исследования предложены рекомендации по количеству и месту локации устройств на участках жилета.

The possibility of creating and prospects for using a technological vest is considered in the article. Solving the problems of ensuring human safety in extreme situations is possible with the use of a technological vest with built-in functional content. The solution of the tasks of ensuring human safety in extreme situations arising during travel and tourist holidays is possible with the use of a technological vest with built-in functional filling. The analysis of high-tech rescue clothing has been carried out and their classification has been developed. The results of a sociological study that allowed us to determine the functions of smart clothes that are most in demand for active students are given. Variants of a vest with a minimum, basic and maximum configuration of built-in devices and additional removable elements are considered. Recommendations on the number and the location of the devices on the sections of the vest based on the results of the study are proposed.

Ключевые слова: безопасность путешественников, функции «умной одежды», социологические исследования, элементы функционального наполнения, комплектация встроенных устройств, места локации датчиков.

Keywords: safety of travelers, functions of «smart clothes», sociological research, elements of functional content, integration of embedded devices, locations of sensors.

Обеспечение безопасных условий жизни человека является одной из важнейших задач в сфере социально-экономической политики любого государства. Возникающие экстремальные ситуации разнообразны и зачастую несут непосредственную угрозу жизни и здоровью человека, и несмотря на все сведения и рекомендации, в такие моменты человеку всякий раз приходится принимать решения самостоятельно.

Особое место в перечне экстремальных ситуаций в мирное время занимает поиск пропавших людей. Проблема реализации этого поиска, помимо гуманитарных аспектов, связана со значительными финансовыми вложениями, как государства, так и благотворительных организаций, с учетом задействованных человеческих ресурсов и спасательных средств. Например, благотворительная организация «ЛизаАлерт» получила 26 374 заявки на поиск людей – как в городах, так и в природной среде только за 2021 год. В большинстве случаев (около 80%) россияне пропадают в городах, остальные теряются в природной среде – в основном в лесах. За

первое полугодие 2022 года по данным «ЛизаАлерт» примерно 21 тысяча человек пропала в городе и свыше 5 тыс. – в лесу. Из потерявшихся в лесу 667 человек найдены погибшими, а судьба 368 до сих пор неизвестна. По мнению экспертов, самая распространенная причина того, что люди теряются – это отсутствие навыков ориентирования, а самая распространенная причина смерти – переохлаждение [1].

1 июля 2021 года вступил в силу закон, позволяющий начинать поиск пропавших по данным мобильных телефонов сразу после поступления заявления об исчезновении. Но определить точное местонахождение человека бывает затруднительно, даже если телефон у него работает [2].

К средствам защиты населения от опасных природных и техногенных факторов относятся средства индивидуальной защиты, в частности, одежда. Следует отметить, что более 90% жителей во всех странах относятся к гражданскому населению, которое не обеспечивается специальными средствами защиты и в экстренных случаях может рассчи-

тывать только на ту одежду, которая имеется в наличии в каждом доме.

Промышленностью, как отечественной, так и мировой в целом, производится достаточное количество различных вариантов спортивной, туристической одежды, одежды для охоты и рыбалки, которая может быть использована в чрезвычайных ситуациях. Последние годы основное внимание производителей сосредоточено на разработке и производстве многофункциональной экипировки с использованием умных устройств и высокотехнологичных тканей [3...7]. При этом уже сейчас множество брендов разрабатывают одежду со встроенными интеллектуальными технологиями, которые не только контролируют функции тела, но и регулируют его температуру и другие показатели [4], [8...10].

Целью исследований является разработка рекомендаций по обеспечению безопасности человека с использованием новых подходов и новых технологий проектирования одежды.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить возможные функции жилета;
- выполнить анализ систем обеспечения комфортной температуры тела (нагрев/охлаждение) и датчиков показателей состояния организма;
- определить на жилете места локации датчиков и связи с различными службами.

Решение поставленных задач осуществлялось на основе применения общенаучных методов исследования в рамках анализа функций высокотехнологичной спасательной одежды и их классификации, вариативного анализа функционального наполнения жилета. Одним из методов исследования было выбрано анкетирование в связи с его оперативностью, большим охватом респондентов и простотой.

Умная одежда в современном представлении – это одежда, которая обладает функциями решения заложенных в ней задач. Например, поддерживать температурный режим, менять свой цвет, сигнализировать о проблемах здоровья и многое другое [6], [11...15]. Функциональное наполнение такой одежды зависит от цели и режима использования. Умная одежда для активного

отдыха и туризма – один из таких вариантов.

Во многих странах безопасности людей, совершающих самостоятельные туристические путешествия и походы, уделяют повышенное внимание, для них выпускают специальные руководства, оснащают дороги экстренными средствами связи. Огромные пространства нашей страны, имеющие много малонаселенных территорий, неохваченных спутниковой связью, недостаточную сеть транспортных дорог, создают проблемы для отдыха и передвижения в этих районах. В таких условиях человек не застрахован от риска попадания в сложную, зачастую опасную для жизни, ситуацию с неопределенным временем ожидания получения помощи.

Одним из способов повысить безопасность путешественников, туристов и водителей является одежда, которая способна следить за состоянием человека, степенью его усталости, фиксировать тревожные сигналы о проблемах в организме, посылая информацию как самому человеку, так и при необходимости структурам МЧС. Такая одежда предполагает широкий ассортимент изделий, включая футболки, куртки, комбинезоны, жилеты, умные съемные детали, к которым относятся манжеты, воротники, нарукавники, карманы, накладки на различные участки одежды. Целесообразность применения ассортиментных сочетаний зависит от назначения одежды, индивидуальных особенностей человека и конкретной ситуации. На рис.1 приведена классификация функций высокотехнологичной одежды для обеспечения безопасности человека.



Рис. 1

Наиболее целесообразным, на наш взгляд, является использование умного жилета как базового. Этот предмет одежды ассоциируется со специальной и спортивной одеждой, часто используется в экипировке путешественников, охотников, рыбаков, эргономичность его конструкции позволяет свободно двигаться. Кроме того, жилет, как предмет, сезонно универсален и может использоваться в любое время года или все сезонно.

В рамках данного исследования был проведен анкетный опрос с целью выявления потребности умной одежды в период туристического отдыха. Опрос проводился в онлайн-формате с помощью социальных сетей. Количество респондентов составило 591 чел., среди которых 63,6% женщины, 34,6% мужчины. По возрасту участники опроса распределились следующим образом: 20...35 лет – 23,2%, 36...50 лет – 43,8%; 50...58 лет – 33%.

Большинство респондентов являются активными путешественниками (26,5%) и автопутешественниками (25,1%). Многие из опрошенных любят собирать ягоды/грибы в лесу (18,2%), охотиться или рыбачить (16,4%), дальние и длительные прогулки на природе (13,8%). Причем 63,6% респондентов отдыхают в малонаселенных местах и 14,8% – в местах максимально удаленных от цивилизации, а 21,6% – наоборот, предпочитают отдых в условиях максимального комфорта.

При проектировании умной одежды важно отслеживать состояние здоровья человека. На вопрос: «Есть ли у вас или у ваших близких проблемы со здоровьем, которые теоретически могли бы создать трудности на отдыхе?» 56% респондентов дали положительный ответ, 30% – ответили «нет», 14% – ответили «возможно».

В период путешествий или отдыха возникают непредвиденные климатические катаклизмы, которые могут сделать невозможным продолжение отдыха или путешествия. В условия сильной жары попадали 39,2% опрошенных; сильного холода – 30,4%; длительного дождя (ливня) и сильного ветра – 17,1%. А 13,3% респондентов

теряли ориентир и не могли найти выезд/выход, нужное направление.

Все участники опроса отдыхают или путешествуют с сотовой связью. Однако у 28% опрошенных возникали проблемы с разряженной батареей телефона и невозможностью быстро найти устройства для подзарядки телефона; 39,2% респондентов требовалась экстренная связь с МЧС, полицией, родственниками.

В зависимости от вида отдыха участники опроса хотели бы иметь одежду со следующими функциями:

- система поддержания температуры (обогрева) – 14%;
- маячок локации – 13,0%;
- резервный запас воды – 13,8%
- геолокации – 11,4%;
- автономный навигатор – 11,3%;
- голосовой помощник – 11,5%
- экстренная связь – 10,2%;
- тревожная кнопка – 7,6%;
- солнечная батарея – 5,3%;
- мониторинга температуры тела, пульса, частоты дыхания – 2,4%.

Большинство респондентов (83%) выразили желание иметь жилет с несколькими встроенными функциями.

В качестве дополнительных элементов к жилету участники опроса предпочли бы иметь:

- свисток, фонарик – 53%;
- компас – 28%;
- мониторинг давления – 10,7%;
- резервное питание для различных приборов – 8,3%.

Результаты социологического исследования позволили сделать следующие выводы:

- в настоящее время значительная часть населения заботится о своем физическом и психологическом здоровье. Независимо от возраста люди предпочитают активные виды туристического отдыха, которые помогают восстановить резервы организма, «перезагрузиться», быть устойчивыми к стрессовым ситуациям;

- во время отдыха могут возникать различные непредвиденные негативные ситуации, влияющие на здоровье и безопасность

человека, когда требуется экстренная помощь специальных служб;

- с некоторыми из таких ситуаций могла бы справиться умная одежда со встроенными необходимыми функциями.

С целью учета особенностей различных групп населения, предпочитающее активный образ жизни, было условно разделено на две подгруппы, обе без особых отклонений в состоянии здоровья. К первой подгруппе отнесли население возрастом от 16 до 60 лет, ко второй группе – детей до 16 лет и людей пожилого возраста старше 60 лет. Люди второй возрастной группы отличаются меньшей внимательностью, выносливостью, стрессоустойчивостью и способностью принимать быстрые адекватные решения.

В связи с большим разнообразием возникающих опасных ситуаций было предложено использовать вариативный подход к делению комплектации жилета:

- минимальная комплектация, когда местоположение и расстояние туристического маршрута от центров потенциальной помощи не превышает 20...30 км. Это расстояние, как правило, обеспечивается наличием сотовой связи и быстрым реагированием на чрезвычайную ситуацию;

- базовая комплектация, обеспечивающая аварийные функции жилета до прихода помощи в течение 1...2 суток;

- максимальная комплектация, предназначенная для длительных походов в экстремальных условиях.

Жилет, помимо основного наполнения, может быть укомплектован дополнительными элементами, такими как резервное питание для гаджетов, солнечные батареи, фонарик и свисток, съемные манжеты и повязки на запястье и предплечье для мониторинга давления и других параметров состояния организма и пр. В табл. 1 приведены основные и дополнительные элементы комплектования жилета.

Т а б л и ц а 1

Функции	Минимальная комплектация		Базовая комплектация		Максимальная комплектация	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Система поддержания температуры (обогрева)	+	+	+	+	+	+
Маячок локации	+	+	+	+	+	+
Геолокация		+		+	+	+
Автономный навигатор			+	+	+	+
Голосовой помощник		+		+	+	+
Мониторинг температуры тела, пульса, частоты дыхания						+
Резервный запас воды	+	+	+	+	+	+
Экстренная связь				+	+	+
Тревожная кнопка (для мгновенного реагирования на критическую ситуацию)				+	+	+
Солнечная батарея				+	+	+
Дополнительные элементы						
Мониторинг давления						+
Резервное питание для различных приборов					+	+
Компас					+	+
Свисток, фонарик	+	+	+	+	+	+

На рис. 2 представлены варианты комплектации жилета в зависимости от условий эксплуатации: минимальная комплектация (рис. 2-а); базовая комплектация

жилета (рис. 2-б); максимальная комплектация жилета (рис. 2-в), где 1 – нагревательные элементы; 2 – резервный запас воды; 3 – система геолокации; 4 – тревож-

ная кнопка; 5 – солнечные батареи; 6 – элементы мониторинга физического состоя-

ния; 7 – автономный навигатор и голосовой помощник.

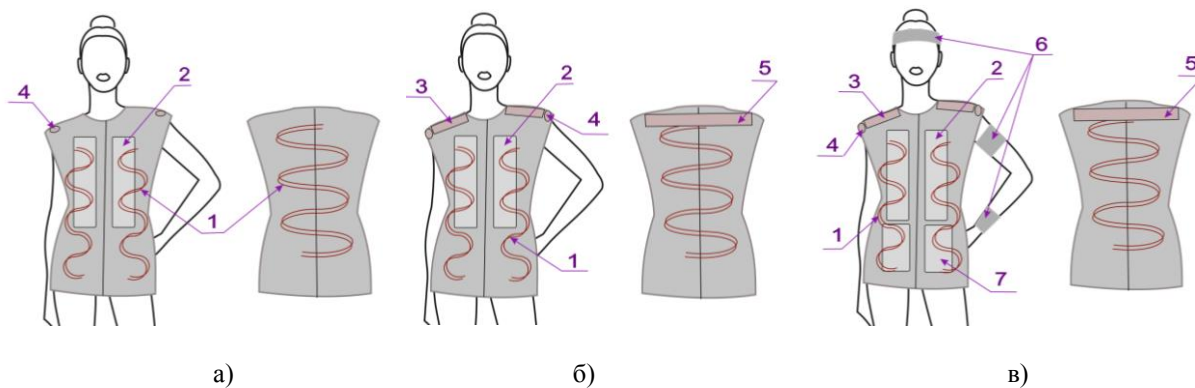


Рис. 2

В связи с тем, что максимальной опасностью для человека является переохлаждение организма, в жилете предусмотрена система обогрева. В такой системе в структуре одежды могут использоваться отсеки и карманы для размещения носимой электроники, включая проводные соединения ее элементов. Или сам материал одежды, так называемый e-textile, будет являться проводником тепла [10], [15]. В обоих вариантах удобство эксплуатации предполагает функционирование от автономных источников питания, включая солнечные батареи, предусмотренные в базовой и максимальной комплектации.

Современные средства пространственного позиционирования (геолокации) позволяют самому человеку, его родственникам и специальным службам отследить его местоположение. Устройства для слежения – маячки – могут быть оснащены тревожной кнопкой, передающей сигнал SOS [16].

Автономные навигаторы позволяют без использования интернета получить необходимые сведения о направлении движения, наличии вблизи источников воды, опасных природных мест, возможности прокладки маршрута до ближайшей дороги, населенного пункта и слежение за перемещением. Современные навигаторы максимально информативны, карты в них 2D- и 3D-форматов, маршрут строится в оффлайне, приложения могут быть использованы как водителями, так и пешеходами [17], [18].

Для второй группы особо актуальным является введение в функциональное наполнение жилета голосового помощника, способного дать четкие инструкции и советы по поведению в той или иной ситуации, а также эмоционально успокоить ребенка или пожилого человека.

Для анализа функционального состояния организма наиболее информативными являются пульс и артериальное давление (АД) [9], [13]. Однако жилет не является тем предметом одежды, который плотно соприкасается непосредственно с телом человека и не позволяет корректно измерить эти показатели. Поэтому в качестве сигнального показателя была выбрана частота дыхания (ЧД), которая может указывать на проблемы самочувствия человека. В норме человек делает 16...17 вдохов-выдохов. Факторами, увеличивающими частоту дыхания, могут быть:

- физическая нагрузка;
- повышение температуры тела;
- сильное эмоциональное переживание;
- боль, кровопотеря.

Сигнал о чрезмерной величине ЧД вызывает необходимость контрольной проверки АД. Для этого жилет предполагается оснастить съемными дополнительными элементами, при помощи которых производятся нужные замеры. На основании этих показателей может возникнуть необходимость, например, приема необходимых медицинских препаратов.

В Ы В О Д Ы

Разработанные в исследовании рекомендации позволяют проектировать одежду для защиты человека при возникновении экстремальных ситуаций различного характера. Современные технологии оснащения такой одежды, умные устройства и высокотехнологичные ткани делают возможным индивидуальный подход к комплектации и функциональному наполнению в зависимости от предпочтений и условий эксплуатации. Предложенные варианты функциональных жилетов охватывают основные виды активного отдыха населения, степень удаленности от мест оказания помощи и обеспечение требуемым количеством приспособлений и датчиков. Конкретные места расположения и виды датчиков, зоны нагревания, дополнительные технические устройства могут варьироваться в зависимости от изменяющихся условий. Предложенный подход даст возможность обеспечить огромное количество населения, предпочитающее активный отдых, функциональной защитной одеждой.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Потери от потерь: 667 человек погибли в российских лесах с начала года. Почему грибки блуждают в 2–3 км от города. – URL: <https://iz.ru/1212372/veronika-kulakova/poteri-ot-poter-667-chelovek-pogibli-v-rossiiskikh-lesakh-s-nachala-goda> (дата обращения 19.01.2022 г.).
2. Спасатель дал советы по сбору грибов после смерти чемпиона СССР в лесу. – URL: <https://ren.tv/news/v-rossii/727726-spasatel-dal-sovety-po-sboru-gribov-posle-smerti-chempiona-sssr-v-lesu> (дата обращения 19.01.2022 г.).
3. Алкубаева В.С. и др. «Умная» одежда // Вестник современных исследований. – 2019, № 6.3 (33). С. 62...63.
4. Цогоев И.Х. и др. Токпроводящие контактные дорожки для проектирования умной одежды с биометрическими функциями // Костюмология. – 2019, № 4. – URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/07TLKL419.pdf> (дата обращения 19.01.2022 г.).
5. Бимгельдиева З.А. и др. «Умная ткань» как перспективное направление развития мировой текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 1. С.64...70.
6. Патина Т.Е., Ковалева О.В. Дизайн современного костюма в контексте «умного текстиля»: проблематика и проектные возможности // Дизайн и технологии. – 2020, № 75 (117). С. 114...118.

7. Кокуашвили, Н.Б., Филимонова В.Б. Биомиметика в дизайне одежды // Сб. ст. VII Междунар. научн.-практ. конф.: Приоритетные направления развития науки и образования. – В 2 ч. – Пенза : Изд-во: Наука и Просвещение, 2019. С. 190...192.

8. Будущее в стиле Cyberpunk 2077: насколько оно реально и какие технологии уже есть. – URL: <https://hightech.fm/2021/10/15/cyberpunk-tech> (дата обращения 19.01.2022 г.).

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2019660909 Российская Федерация, Бюл. № 8. Программа управления комплекса «Умная одежда» : № 2019619736 : заявл. 01.08.2019 : опубл. 15.08.2019 / Хоружко М.А.

10. Григорян, А.О., Макарова Т.Л. Использование современных гаджетов в дизайне костюма // Костюмология. – 2019, №2. URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/16IVKL219.pdf> (дата обращения 19.01.2022 г.).

11. Одежда, которая снимает стресс, защищает от всего и следит за здоровьем – большой обзор рынка. – URL : <https://rb.ru/opinion/odezhda-no-stress/> (дата обращения 19.01.2022 г.).

12. Фирсова М.Е. Исследование и разработка интерактивной одежды для визуализации изображений с использованием светодиодов // UNIVERSUM: технические науки: электрон. научн.журн. – 2019, №6 (63). URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-razrabotka-interaktivnoy-odezhdy-dlya-vizualizatsii-izobrazheniy-s-ispolzovaniem-svetodiody/viewer> (дата обращения 19.01.2022 г.).

13. Бикбулатова А.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С. Современные технические решения при проектировании одежды для людей с инвалидностью // Костюмология. – 2021, №1. URL : <https://kostumologiya.ru/PDF/13TLKL121.pdf> (дата обращения 19.01.2022 г.).

14. Клюенкова Т.М. и др. Проектирование одежды с оптоволоконными светящимися элементами // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2018, № 1–2. С. 129...133.

15. Гетманцева В.В. и др. Анализ технологии использования элементов солнечных батарей в одежде // Территория новых возможностей. Вестник ВГУЭС, 2020, № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologii-ispolzovaniya-elementov-solnechnyh-batarey-v-odezhde/viewer> (дата обращения 19.01.2022 г.).

16. GPS трекары. – URL: <https://www.gdemoi.ru/gps-treker/>(дата обращения 19.01.2022 г.).

17. Maps. – URL: <https://maps.me/>(дата обращения 19.01.2022 г.).

18. OFFLINE MOBILEMAPS & NAVIGATION. – URL: <https://osmand.net/> (дата обращения 19.01.2022 г.).

REFERENCES

1. Poteri ot poter': 667 chelovek pogibli v rossijskikh lesakh s nachala goda. Pochemu gribniki bluzhdayut v 2–3 km ot goroda. – URL: <https://iz.ru/1212372/veronika-kulakova/poteri-ot-poter-667-chelovek-pogibli-v-rossiiskikh-lesakh-s-nachala-goda>.

kulakova/poteri-ot-poter-667-chelovek-pogibli-v-rossiiskikh-lesakh-s-nachala-goda (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

2. Spasatel' dal sovety po sboru gribov posle smerti chempiona SSSR v lesu. – URL: <https://ren.tv/news/v-rossii/727726-spasatel-dal-sovety-po-sboru-gribov-posle-smerti-chempiona-sssr-v-lesu> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

3. Alkubaeva V.S. i dr. «Umnaya» odezhdya // Vestnik sovremennykh issledovaniy. – 2019, № 6.3 (33). S.62...63.

4. Cogoev I.H. i dr. Tokoprovodyashchie kontaktnye dorozhki dlya proektirovaniya umnoj odezhdyy s biometricheskimi funktsiyami // Kostyumologiya. – 2019, № 4. – URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/07TLKL419.pdf> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

5. Bimgel'dieva Z.A. i dr. «Umnaya tkan'» kak perspektivnoe napravlenie razvitiya mirovoj tekstil'noj promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 1. S.64...70.

6. Patina T.E., Kovaleva O.V. Dizajn sovremennogo kostyuma v kontekste «umnogo tekstilya»: problematika i proektnye vozmozhnosti // Dizajn i tekhnologii. – 2020, № 75 (117). S. 114...118.

7. Kokuashvili, N.B., Filimonova V.B. Biometrika v dizajne odezhdyy // Sb. st. VII Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya. – V 2 ch. – Penza: Izd-vo: Nauka i Prosveshchenie, 2019. S. 190...192.

8. Budushchee v stile Cyberpunk 2077: naskol'ko ono real'no i kakie tekhnologii uzhe est'. – URL: <https://hightech.fm/2021/10/15/cyberpunk-tech> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

9. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EVM № RU 2019660909 Rossijskaya Federatsiya, Byul. № 8. Programma upravleniya kompleksa «Umnaya odezhdya» : № 2019619736 : zayavl. 01.08.2019 : opubl. 15.08.2019 / Horuzhko M.A.

10. Grigoryan, A.O., Makarova T.L. Ispol'zovanie sovremennykh gadzhetov v dizajne kostyuma // Kost-

yumologiya. – 2019, №2. URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/16IVKL219.pdf> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

11. Odezhdya, kotoraya snimaet stress, zashchishchaet ot vsego i sledit za zdorov'em – bol'shoj obzor rynka. – URL : <https://rb.ru/opinion/odezhda-no-stress/> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

12. Firsova M.E. Issledovanie i razrabotka interaktivnoj odezhdyy dlya vizualizatsii izobrazheniy s ispol'zovaniem svetodiodov // UNIVERSUM: tekhnicheskije nauki: elektron. nauchn.zhurn. – 2019, № 6 (63). URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-razrabotka-interaktivnoj-odezhdy-dlya-vizualizatsii-izobrazheniy-s-ispolzovaniem-svetodiodov/viewer> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

13. Bikbulatova A.A., Andreeva E.G., Belgorodskij V.S. Sovremennye tekhnicheskie resheniya pri proektirovanii odezhdyy dlya lyudej s invalidnost'yu // Kostyumologiya. – 2021, №1. URL : <https://kostumologiya.ru/PDF/13TLKL121.pdf> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

14. Klyuenkova T.M. i dr. Proektirovanie odezhdyy s optovolokonnymi svetyashchimiyami elementami // Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX). – 2018, № 1–2. S. 129...133.

15. Getmanceva V.V. i dr. Analiz tekhnologii ispol'zovaniya elementov solnechnykh batarey v odezhdye // Territoriya novykh vozmozhnostej. Vestnik VGUES, 2020, № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologii-ispolzovaniya-elementov-solnechnykh-batarey-v-odezhde/viewer> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

16. GPS trekery. – URL: <https://www.gdemoi.ru/gps-treker/> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

17. Maps. – URL: <https://maps.me/> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

18. OFFLINE MOBILEMAPS & NAVIGATIO. – URL: <https://osmand.net/> (data obrashcheniya 19.01.2022 g.).

Рекомендована кафедрой конструирования и технологии изделий легкой промышленности ОГТУ. Поступила 18.03.22.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИН МЕЖРАЗМЕРНЫХ ПРИРАЩЕНИЙ
В СОВРЕМЕННОЙ МУЖСКОЙ ОДЕЖДЕ***

**RESEARCH OF THE VALUES OF INTER-DIMENSIONAL INCREMENTS
IN MODERN MEN'S CLOTHING**

A.A. КОПЫЛОВ, И.А. ПЕТРОСОВА, Е.Г. АНДРЕЕВА

A.A. KOPYLOV, I.A. PETROSOVA, E.G. ANDREEVA

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

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

E-mail: petrosova-ia@rguk.ru

Современные потребители часто совершают покупку одежды онлайн без примерки и при этом сталкиваются с проблемой определения верного размера одежды. Особенно важно определить антропометрическое соответствие размеров одежды фигурам покупателей. Для решения этой задачи необходимы единые критерии сопоставления параметров одежды и фигуры человека между собой. Рассмотрены современные способы маркировки размеров мужской одежды уровня масс-маркет, а также вопросы соответствия маркировки размеров у разных производителей друг другу. Методом экспертной оценки и ранжирования показателей выделены значимые измерения в одежде, отвечающие за определение размера изделия. В ходе исследования применялись методы систематизации и классификации, экспертных оценок, методы статистического, факторного, корреляционного и регрессионного анализа, инженерные методы получения разверток деталей одежды для типовых фигур. Выявлены основные значения межразмерных приращений у производителей для таких видов мужской одежды, как сорочка, фуфайка, куртка, джемпер. Доказано, что они отличаются от величин межразмерных приращений, приведенных в ГОСТ 17521–72, в большую сторону. Изменение величин межразмерных приращений по объёму груди в большую сторону позволяет охватить большую аудиторию потребителей при меньшем количестве изготавливаемых изделий.

Modern consumers often buy clothes online without fitting and at the same time face the problem of determining the correct size of clothes. It is especially important to determine the anthropometric correspondence of clothing sizes to the figures of buyers. To solve this problem, we need uniform criteria for comparing the parameters of clothing and human figure with each other. Modern methods of marking the sizes of men's clothing at the mass market level, as well as the issues of matching the size markings from different manufacturers to each other, are considered. By the method of expert evaluation and ranking of indicators, significant measurements in clothing responsible for determining the size of the product are identified. In the course of the study, methods of systematization and classification, expert assessments, methods of statistical, factorial, correlation and regression analysis, engineering methods of obtaining scans of clothing details for typical figures were used. The main values of the interdimensional increments of manufacturers for

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 20-37-90074 "Разработка метода оценки одежды на соответствие размерам фигуры индивидуального потребителя с помощью цифровых технологий".

such types of men's clothing as shirt, sweatshirt, jacket, jumper are revealed. It is proved that they differ from the values of the inter-dimensional increments given in GOST 17521-72 in an upward direction. Changing the values of the inter-dimensional chest circumference in a larger direction allows you to reach a larger audience of consumers with fewer manufactured products.

Ключевые слова: одежда, готовая одежда, соразмерность одежды, межразмерные приращения.

Keywords: clothing, ready-made clothing, proportionality of clothing, inter-dimensional increments.

Довольно часто потребители сталкиваются с проблемой определения верного размера одежды, которая встает особенно остро при покупке изделий онлайн, когда нет возможности выполнить примерку [1]. И особенно важно определить антропометрическое соответствие размеров одежды фигурам покупателей [2]. Для решения этой задачи необходимы единые критерии сопоставления параметров одежды, лекал, эскиза и фигуры человека между собой [3]. Известны технологии 3D-сканирования фигуры человека [4], применение которых позволяет перенести контроль качества проектного решения одежды в виртуальную 3D-среду [5], а для этого следует систематизировать информацию о проектируе-

мом изделии и сопоставить с антропометрическими характеристиками фигур, для которых она создается [6].

Цель исследования – выделение перечня значимых размерных признаков и конструктивных параметров одежды для проведения процедуры оценки антропометрического соответствия для применения в автоматизированных системах виртуальной примерки при определении соразмерности одежды фигуре.

Объект исследования: мужская готовая одежда масс-маркета. Исследованы трикотажные изделия плечевого ассортимента, такие как мужские фуфайки, джемперы с капюшоном, а также мужские сорочки и куртки [7].

Т а б л и ц а 1

Плечевая одежда	№ параметра в анкете	Название параметра (измерения в готовом изделии)	Условное обозначение измерения изделия
	1	Длина горловины	Дг
	2	Ширина изделия на уровне плеч	Шпл
	3	Ширина изделия на уровне проймы	Шппр
	4	Ширина изделия внизу	Шн
	5	Длина изделия по центру спинки	Вспц
	6	Длина изделия от угла плечевого шва	Вспб
	7	Высота проймы сзади	Впр
	8	Длина рукава	Др
	9	Ширина рукава сверху	Шрв
	10	Ширина рукава внизу	Шрн
	11	Ширина переда	Шпер
	12	Ширина по талии	Штал
	13	Ширина плеча	Шп
	14	Ширина спинки	Шсп

Определение значимых параметров измерений одежды на соответствие фигуре

В основе выполненного исследования лежит выделение параметров одежды, с

помощью которых можно определить будет ли одежда удобной и соответствующей фигуре конкретного потребителя. Фрагмент предложенных для оценки параметров

в плечевой одежде приведен в табл. 1. Проведен экспертный опрос среди специалистов швейной отрасли со стажем работы от 5 до 25 лет. Эксперты (в количестве 127 человек) оценивали, насколько тот или иной параметр из предложенного списка отвечает за антропометрическое соответствие одежды фигуре. Для этого эксперты представляли баллы по мере убывания значимости параметров. Наиболее значимому параметру присваивался ранг, равный 1, а наименее значимому – ранг 14.

Для определения наиболее значимых параметров использовался метод ранжирования. Значения коэффициентов конкордации и критерий Пирсона с вероятностью 95% свидетельствуют о высокой неслучайной согласованности мнений опрашиваемых экспертов. Результаты ранжирования значимости параметров для оценки антропометрического соответствия одежды фигуре графически изображены на рис. 1, где исследуемые параметры показаны в порядке убывания значимости.

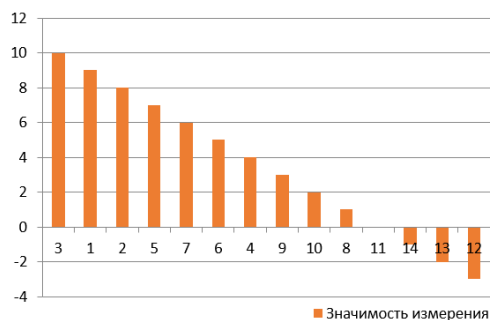


Рис. 1

В качестве значимых измерений в одежде, которые отвечают за соразмерность в плечевых изделиях, выделены: длина горловины, плечевой диаметр, ширина изделия под проймой, ширина изделия внизу, длина изделия по центру спинки, длина изделия от угла плечевого шва, высота проймы, длина рукава, ширина рукава сверху, ширина рукава внизу, ширина переда, ширина по талии, ширина плеча, ширина спинки.

Таким образом доказано, что измерения ширины изделия на уровне проймы и длины горловины можно считать основополагающими, а такие измерения, как ширина

изделия по низу изделия, ширина изделия на уровне плеч, ширина рукава сверху, ширина рукава внизу, высота проймы сзади, длина изделия по центру спинки, длина изделия от плечевого шва по спинке, служат для определения корректности посадки.

Определение межразмерных приращений в условиях масс-маркета

На следующем этапе эксперимента выполнено исследование межразмерных приращений по ширине изделия на уровне проймы. Это измерение выбрано потому, что оно базируется на основе измерения обхвата груди третьего – ОГШ (Т16) и позволяет отследить четкий шаг от размера к размеру.

Для эксперимента выбраны 3 российских компании-производителя и 4 зарубежных. Для анализа в магазине подбирались изделия одного артикула с наибольшим количеством повторяющихся размеров в торговом зале. Основные требования к изделиям – повторяемость силуэтного решения от меньшего размера к большему и сходство пакета материалов.

В большинстве случаев зарубежные компании масс-маркета используют буквенную размерную сетку, начиная от XS и заканчивая 3-5XL. Подобный размерный ряд также используется и у российских производителей. Это обусловлено тем, что многие компании опираются на опыт зарубежных конкурентов. Размер одежды по российским стандартам в основном указывается только на наклейке со штрих-кодом, и если это изделие с буквенным размером, то указывается 2 подходящих российских размера. Это означает, что буквенный размер совмещает в себе по 2...3 российских размера. Однако российский размер S в большинстве случаев отличается от зарубежного размера S. Но также различия по одному и тому же размеру имеются и среди российских производителей. Не всегда размер одного и того же силуэта одного производителя совпадает с размером такого же силуэта другого производителя. Это может быть связано как с разницей в величине используемых конструктивных прибавок, так и с разницей величин межразмерных приращений. Российский ГОСТ [8] выделяет

разницу от размера к размеру по измерению Т16 (обхвата груди III) – 4 см, но это не означает, что зарубежные и российские производители используют это значение при выполнении градации модели на большие и меньшие размеры фигур.

Чтобы понять, какие величины межразмерных приращений используются у российских и зарубежных производителей в мужской одежде, представленных на российском рынке, произведен анализ измерений по ширине изделия на уровне проймы. Изделие выкладывалось на плоскую поверхность, выравнивалось, и измерение проводилось по плоскости на уровне от ле-

вого нижнего угла проймы до правого угла по измерению 3 (табл.1).

Учитывая тот факт, что в изделиях масс-маркета в большинстве случаев имеются отклонения от заданных величин, промеры проводились по несколько размерных рядов одного и того же артикула. А также принимая во внимание тот факт, что межразмерные приращения в одной компании зачастую задаются одинаковые по одному товарному ассортименту, то для более точных результатов промеры производились по нескольким артикулам одного и того же ассортимента. Пример промеров одного артикула указан в табл. 2.

Таблица 2

XS			S			M			L		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
93,6	94,4	94,0	99,0	99,4	100,0	105,0	106	105,4	110,6	109,6	110,4
XL			XXL			XXXL					
1	2	3	1	2	3	1	2	3			
115,8	116,8	117,4	121,2	121,8	123,4	127,6	127,4	128,2			

После чего определено усредненное значение по каждому размеру. Пример указан в качестве фрагмента средних значений по одному российскому бренду в табл. 3. С целью расчета значений для фуфайки ис-

пользованы данные по измерению трех размерных сеток, для сорочки – четырех размерных сеток, для джемперов – четырех размерных сеток, для курток – трех размерных сеток.

Таблица 3

Фуфайки							
Маркировка	XS	S	M	L	XL	2XL	3XL
Значение	94,0	99,4	105,4	110,2	116,6	122,2	127,8
Сорочки							
Маркировка	XS	S	M	L	XL	2XL	3XL
Значение	99,1	104,4	109,7	115,7	122,2	127,9	-
Джемперы							
Маркировка	XS	S	M	L	XL	2XL	3XL
Значение	-	104,8	110,6	116,5	121,8	128,4	-

После получения данных по одной ассортиментной группе определено среднее значение по межразмерным приращениям. Разница величин от одного размера до другого размера показывает величину межразмерного приращения в определенном артикуле. Фрагмент расчета значения межразмерного приращения фуфайки российского

производителя отображен в табл. 4. Значения высчитывались путем вычитания средней величины меньшего размера из средней величины большего размера. Полученные значения позволяют отследить усредненный шаг межразмерного приращения от размера к размеру определенного ассортимента.

Таблица 4

Фуфайка						
Приращение между размерами	XS-S	S-M	M-L	L-XL	XL-2XL	2XL-3XL
Значение	5,4	6,0	4,8	6,4	5,6	5,6

В свою очередь выявленные значения межразмерных приращений усреднены, потому что отклонения по измерениям в партии являются частым явлением в масс-маркете. Полученные результаты по проанализированным производителям указаны в табл. 5 с учетом средней величины приращения по измерению ширине изделия на уровне проймы от размера к размеру.

зированным производителям указаны в табл. 5 с учетом средней величины приращения по измерению ширине изделия на уровне проймы от размера к размеру.

Таблица 5

	Российский производитель			Зарубежный производитель			
	1	2	3	1	2	3	4
Фуфайка	5,6	6,2	5,2	6,6	5,8	7,8	6,8
Джемпер	6,2	5,6	4,6	6,8	6,4	7,4	6,6
Сорочка	4,6	6,2	4,4	5,4	5,6	6,6	6,4
Куртка	5,8	5,8	4,6	5,4	6,2	6,4	6,2

ВЫВОДЫ

Судя по полученным данным, можно сказать, что шаг межразмерного приращения между ассортиментными группами отличается, компании используют разные величины шага между размерами. Разные десятичные значения указывают на вероятные отклонения при производстве изделий и вероятность отклонения при промерах легко растяжимых полотен и тканей. Однако количественная выборка минимизировала и усреднила значения разницы величин, соответственно, полученные результаты близки к действительности. Полученные результаты указывают еще и на то, что у зарубежных компаний шаг межразмерных приращений больше. Это может быть связано с тем, что при расчетах используется дюймовая метрическая система и учитываются интервалы безразличия от размера к размеру. У российских компаний-производителей используются меньшие величины, за счет чего потребитель может более избирательно подойти к выбору подходящего размера. А также можно отметить и то, что соблюдение четкого шага межразмерных приращений среди российских компаний по ГОСТу не происходит и, соответственно, наблюдается тенденция усреднения между двумя смежными размерами. Отсюда следует, что большая величина приращения позволяет охватить большую

аудиторию потребителей при меньшем количестве изготавливаемых изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петросова И.А., Ланцева О.А., Андреева Е.Г. Оценка соответствия готовой одежды фигуре потребителя в трехмерной среде // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №5. С.139...142. Wang Y., Zhou Y., Lin L., Corker J., Fan M. Overview of 3D additive manufacturing (AM) and corresponding AM Composites // Composites Part A. – 2020, 139. P. 106...114.
2. Yan J., Kuzmichev V.E The Development Of E-Bespoke Of Men's Shirt // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2021, № 1. P. 95...102. Aghekyan M., Ulrich P., Connell L. Using body scan in assessing perceptions of body attractiveness and size: cross-cultural study // International Journal of Fashion Design, Technology and Education. – 2012, Vol.5, Is.2, №.7. P.81...89.
3. Жукова И.В., Кузьмичев В.Е. Проектирование твердотельных цифровых двойников типовых российских фигур для оценки качества виртуальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 3. С. 106...112. Leong I.-F., Fang J.-J., Tsai M.-J. A feature-based anthropometry for garment industry // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2013, Vol.25, Is.1.- P.6...23.
4. Замотин Н.А., Дягилев А.С. Разработка 3D-сканера для сканирования фигуры человека // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 139...146. Hirano D., Funayama Y., Maekawa T. 3D Shape reconstruction from 2D images // Computer-Aided Design and Applications. – 2009, Vol.6, Is.5, №.1. P.701...710.
5. Сахарова Н.А. Цифровая мода - новая траектория развития fashion индустрии // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2021, № 3. С.25...28.

6. Petrosova I.A., Andreeva E.G., Guseva M.A. The System of Selection and Sale of Ready-to-Wear Clothes in a Virtual Environment // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf". – Vladivostok, Russia.: IEEE, 2019. P. 1...5. DOI: 10.1109/EastConf.2019.8725390

7. ГОСТ 17037–85. Изделия швейные и трикотажные. Термины и определения

8. ГОСТ 17521–72. Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды.

REFERENCES

1. Petrosova I.A., Lanceva O.A., Andreeva E.G. Ocenka sootvetstviya gotovoj odezhdy figure potrebitelya v trekhmernoj srede // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, №5. S.139...142. Wang Y., Zhou Y., Lin L., Corker J., Fan M. Overview of 3D additive manufacturing (AM) and corresponding AM Composites // Composites Part A. – 2020, 139. R. 106...114.

2. Yan J., Kuzmichev V.E The Development Of E-Bespoke Of Men's Shirt // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2021, № 1. P. 95...102. Aghekyan M., Ulrich P., Connell L. Using body scan in assessing perceptions of body attractiveness and size: cross-cultural study // International Journal of Fashion Design, Technology and Education. – 2012, Vol.5, Is.2, №.7. P.81...89.

3. Zhukova I.V., Kuzmichev V.E. Proektirovanie tverdotel'nykh cifrovyyh dvojnikov tipovykh rossijskikh

figur dlya ocenki kachestva virtual'noj odezhdy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 3. S. 106...112. Leong I.-F., Fang J.-J., Tsai M.-J. A feature-based anthropometry for garment industry // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2013, Vol.25, Is.1.- P.6...23.

4. Zamotin N.A., Dyagilev A.S. Razrabotka 3D-skanera dlya skanirovaniya figury cheloveka // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 6. S. 139...146. Hirano D., Funayama Y., Maekawa T. 3D Shape reconstruction from 2D images // Computer-Aided Design and Applications. – 2009, Vol.6, Is.5, №.1. P.701...710.

5. Saharova N.A. Cifrovaya moda - novaya traektoriya razvitiya fashion industrii // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti. – 2021, № 3. S.25...28.

6. Petrosova I.A., Andreeva E.G., Guseva M.A. The System of Selection and Sale of Ready-to-Wear Clothes in a Virtual Environment // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf". – Vladivostok, Russia.: IEEE, 2019. P. 1...5. DOI: 10.1109/EastConf.2019.8725390

7. ГОСТ 17037–85. Изделия швейные и трикотажные. Термины и определения

8. ГОСТ 17521–72. Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды.

Рекомендована кафедрой ХМ,К и ТШИ РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 28.06.22.

УДК 677.054

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_198

**ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОДПРУЖИНЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ
В ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИНАХ**

**DYNAMIC ANALYSIS OF SPRING LOADED MECHANISMS
IN TEXTILE MACHINES**

Л.А. КОНДРАТЕНКО, В.Г. ДМИТРИЕВ, Л.И. МИРОНОВА, С.В. ХЕЙЛО

L.A. KONDRATENKO, V.G. DMITRIEV, L.I. MIRONOVA, S.V. KHEILO

(Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский университет),
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Moscow Aviation Institute (National Research University),
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: kondrat.leonid@yandex.ru; vgd2105@mail.ru; mironova_lub@mail.ru; khejlo-sv@rguk.ru

В работе приведен динамический анализ подпружиненного механизма в устройстве, реализующего движение исполнительного механизма в механической системе, например, в мотальных механизмах. Механизм в устройстве содержит подпружиненную конструкцию с двумя последовательно расположенными телами. Рассмотрен метод исследования динамики подпружиненных механизмов с двумя степенями свободы с использованием нового подхода изучения динамических процессов в механических системах. Получены дифференциальные уравнения движения. Для натурной конструкции подпружиненного механизма рассчитаны и построены частотные характеристики.

The paper presents a dynamic analysis of a spring-loaded mechanism in a device that implements the movement of an actuator in a mechanical system, for example, in winding mechanisms. The mechanism in the device contains a spring-loaded structure with two bodies in series. A method for studying the dynamics of spring-loaded mechanisms with two degrees of freedom using a new approach to studying dynamic processes in mechanical systems is considered. Differential equations of motion are obtained. Frequency characteristics are calculated and constructed for the full-scale construction of the spring-loaded mechanism.

Ключевые слова: напряжение в деталях, скорость движения, пружина, текстильная машина, частотная характеристика.

Keywords: stress in parts, travel speed, spring, textile machine, frequency response.

Во многих механизмах оборудования текстильной промышленности встречаются конструкции, содержащие подпружиненные устройства. Наиболее распространены являются мотальные механизмы, в которых рычаг бобинодержателя с помощью пружин прижимается к мотальному валу [1], [2]. Упругим элементом в таких устройствах является не только сама пружина, но и формируемая паковка, обладающая упругими и диссипативными свойствами [3], [4].

Динамические процессы в таких механизмах оказывают заметное влияние на качество работы и работоспособность оборудования в целом. Для более эффективного их применения необходимо с максимальной точностью поддерживать рациональные режимы работы, например, требуемую скорость движения исполнительного органа при заданных нагрузках [7]. Особенно важно обеспечить точность движения в подпружиненных устройствах при подаче и натяжении нити.

Рассмотрим устройство, выполненное в следующем конструктивном исполнении, рис. 1.

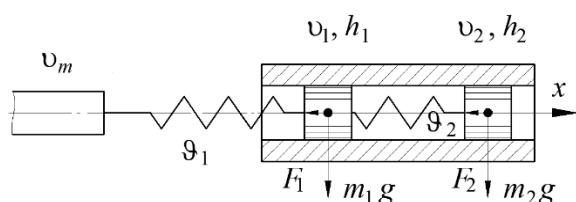


Рис. 1

Устройство состоит из толкателя, перемещающегося со скоростью v_m , пружины упругостью G_1 , G_2 и цилиндрических тел массой m_1 , m_2 , размещенных в неподвижном цилиндрическом корпусе и передвигающихся в осевом направлении со скоростями v_1 и v_2 . Причем на эти тела также действуют силы F_1 , F_2 .

Примем, что пружина выполнена из стальной проволоки диаметром d ; колебания масс цилиндрических тел m_1 и m_2 не оказывают влияния на скорость движения

толкателя v_t . Кроме того, при движении на каждую массу m_1 , m_2 воздействуют силы трения, которые примем пропорциональными скорости перемещения, то есть $F_{тр1} = h_1 v_1$; $F_{тр2} = h_2 v_2$.

Полагая, что из-за действия демпфирующих факторов можно пренебречь волновыми процессами в пружинах, запишем в операторном виде систему уравнений, характеризующих движение тел [10]:

$$v_m(t) - v_1(t) = G_1 p \sigma_{y1}; \quad (1)$$

$$\sigma_{y1}(t) f_1 = F_1(t) + h_1 v_1(t)(1 + T_1 p) + \sigma_{y2}(t) f_2; \quad (2)$$

$$v_1(t) - v_2(t) = G_2 p \sigma_{y2}; \quad (3)$$

$$\sigma_{y2}(t) f_2 = F_2(t) + h_2 v_2(t)(1 + T_2 p). \quad (4)$$

Здесь σ_{y1} , f_1 , σ_{y2} , f_2 , ℓ_1 , ℓ_2 – соответственно условные продольные напряжения, площадь сечения и длина первой и второй пружин. Тогда:

$$p \equiv \frac{d}{dt}; \quad T_1 = \frac{m_1}{h_1};$$

$$T_2 = \frac{m_2}{h_2}; \quad G_1 = \frac{\ell_1}{E_{y1}}; \quad (5)$$

$$E_{yi} = \frac{\ell_i C_i}{f_i}.$$

В формулах (5) E_{yi} – условный модуль упругости пружины; C_i – жесткость пружины ($i = 1, 2$).

Введем обозначения: $x_1 = \sigma_{y1}$; $x_2 = v_1$; $x_3 = \sigma_{y2}$; $x_4 = v_2$. Решение системы уравнений (1)...(4) будем искать в матричном виде. Для этой цели перепишем систему уравнений (1)-(4) в векторной форме:

$$AX(t) = F(t). \quad (6)$$

Здесь A – матрица функциональных коэффициентов; $X(t)$ – вектор переменных; $F(t)$ – вектор воздействий, имеющих вид;

$$X(t) = (x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4)^T;$$

$$F(t) = (-v_m \quad F_1 \quad 0 \quad F_2)^T.$$

Или, используя запись с помощью суммирования, выражение (6) можно переписать в виде:

$$\sum_{i,j=1}^n a_{ij} x_j = f_j, \quad i, j = 1, 2, 3, 4.$$

Здесь a_{ij} – компоненты матрицы A : $a_{11} = -\vartheta_1 p$, $a_{12} = -1$, $a_{13} = 0$, $a_{14} = 0$, $a_{21} = f_1$, $a_{22} = -h_1(1 + T_1 p)$, $a_{23} = f_2$, $a_{24} = 0$, $a_{31} = 0$, $a_{32} = 1$, $a_{33} = -\vartheta_2 p$, $a_{34} = -1$, $a_{41} = 0$, $a_{42} = 0$, $a_{43} = f_2$, $a_{44} = -h_2(1 + T_2 p)$.

Запишем определитель системы D , по форме равный матрице A , и найдем его значение, тогда

$$D = \det A = \begin{vmatrix} -\vartheta_1 p & -1 & 0 & 0 \\ f_1 & -h_1(1 + T_1 p) & -f_2 & 0 \\ 0 & 1 & -\vartheta_2 p & -1 \\ 0 & 0 & f_2 & -h_2(1 + T_2 p) \end{vmatrix} =$$

$$= f_1 f_2 + p(f_1 \vartheta_2 h_2 + f_2 \vartheta_1 h_2 + f_2 \vartheta_1 h_1) +$$

$$+ p^2(T_2 \vartheta_2 f_1 h_2 + T_2 \vartheta_1 f_2 h_2 + \vartheta_1 h_1 f_2 T_1 + \vartheta_2 \vartheta_1 h_1 h_2) +$$

$$+ p^3 \vartheta_1 \vartheta_2 h_1 h_2 (T_1 + T_2) + \vartheta_2 \vartheta_1 h_1 h_2 T_1 T_2 p^4. \quad (7)$$

В силу физической реализуемости определитель $D \neq 0$. Поэтому неизвестные пере-

менные по правилу Крамера могут быть найдены из выражений:

$$x_1 = \sigma_{y_1} = \frac{D_1}{D}; \quad x_2 = v_1 = \frac{D_2}{D}; \quad x_3 = \sigma_{y_2} = \frac{D_3}{D}; \quad x_4 = v_2 = \frac{D_4}{D}, \quad (8)$$

где определители D_i получаются подстановкой в матрицу A столбца воздействий

вместо столбца соответствующей искомой переменной. Так, для определения v_2 имеем:

$$D_4 = \begin{vmatrix} -\vartheta_1 p & -1 & 0 & v_m \\ f_1 & -h_1(1 + T_1 p) & -f_2 & F_1 \\ 0 & 1 & -\vartheta_2 p & 0 \\ 0 & 0 & f_2 & F_2 \end{vmatrix} = f_2 f_1 v_m - F_2 p (\vartheta_1 f_2 + \vartheta_2 f_1 + \vartheta_1 h_1 \vartheta_2 p + \vartheta_1 T_1 \vartheta_2 h_1 p^2) - \vartheta_1 f_2 p F_1. \quad (9)$$

Откуда с учетом (7) операторное уравнение, описывающее скорость движения

второго тела, имеет вид:

$$v_2 (1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 + a_4 p^4) = v_m - F_2 p \left(\frac{\vartheta_1}{f_1} + \frac{\vartheta_2}{f_2} + \frac{\vartheta_1 \vartheta_2 h_1}{f_1 f_2} p + \frac{\vartheta_1 m_1 \vartheta_2}{f_1 f_2} p^2 \right) - \frac{\vartheta_1 F_1}{f_1} p. \quad (10)$$

Здесь

$$a_1 = \frac{\vartheta_2 h_2}{f_2} + \frac{\vartheta_1 h_2}{f_1} + \frac{\vartheta_1 h_1}{f_1}; \quad a_2 = \frac{m_2 \vartheta_2}{f_2} + \frac{m_2 \vartheta_1}{f_1} + \frac{m_1 \vartheta_1}{f_1} + \frac{\vartheta_2 \vartheta_1 h_1 h_2}{f_1 f_2};$$

$$a_3 = \frac{\vartheta_1 \vartheta_2 h_1 h_2 (T_1 + T_2)}{f_1 f_2}; \quad a_4 = \frac{\vartheta_2 \vartheta_1 m_1 m_2}{f_1 f_2}.$$

Действуя аналогично, вычислим определитель D_1 , который является соотноше-

нием для напряжений $\sigma_{y1} = x_1$ в первой пружине [4]:

$$D_1 = f_2 (F_1 + F_2) + v_m f_2 (h_1 + h_2) + p [F_1 v_2 h_2 + v_m (h_1 \vartheta_2 h_2 + h_1 f_2 T_1 + f_2 h_2 T_2)] + p^2 [F_1 v_2 h_2 T_2 + v_m h_1 \vartheta_2 h_2 (T_1 + T_2)] + v_m \vartheta_2 m_1 m_2 p^3. \quad (11)$$

Откуда

$$\sigma_{y1} (1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 + a_4 p^4) = \frac{F_1 + F_2}{f_1} + v_m \frac{h_1 + h_2}{f_1} + p \left[\frac{F_1 \vartheta_2 h_2}{f_1 f_2} + v_m \left(\frac{h_1 \vartheta_2 h_2}{f_1 f_2} + \frac{h_1 T_1}{f_1} + \frac{h_2 T_2}{f_2} \right) \right] + p^2 \frac{F_1 \vartheta_2 h_2 T_2 + v_m h_1 \vartheta_2 h_2 (T_1 + T_2)}{f_1 f_2} + p^3 v_m \frac{\vartheta_2 m_1 m_2}{f_1 f_2}. \quad (12)$$

Полное решение системы уравнений (1)...(4) в матричном виде приведено в работе [6].

Полагая, что некоторые воздействия равны нулю, и переходя к изображениям по Лапласу [7...9] посредством замены $p=s$, где s – комплексная переменная, $s=j\omega$, и ω – круговая частота колебаний, получим передаточные функции, характеризующие динамические свойства механизма.

Передаточная функция влияния скорости толкателя (W_{vv2}) на скорость перемещения второго тела v_2 при $F_1 = 0$, $F_2 = 0$ будет иметь вид:

$$W_{vv2}(s) = \frac{v_2(s)}{v_m(s)} = \frac{1}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + a_3 s^3 + a_4 s^4}. \quad (13)$$

$$W_{vv2}(j\omega) = \frac{v_2(j\omega)}{v_m(j\omega)} = \frac{1}{1 + a_1 j\omega + a_2 (j\omega)^2 + a_3 (j\omega)^3 + a_4 (j\omega)^4} = \frac{1}{(1 + 2\zeta_{p1} T_{p1} j\omega - T_{p1}^2 \omega^2)(1 + 2\zeta_{p2} T_{p2} j\omega - T_{p2}^2 \omega^2)}. \quad (15)$$

Выражение (15) свидетельствует о возможности двух резонансных всплесков в механизме. Рассмотрим подробнее данный динамический эффект.

Передаточная функция влияния F_2 ($W_{\sigma_1 F_2}$) на σ_{y1} при $v_T \equiv 0$, $F_1 \equiv 0$ определяется соотношением:

$$W_{\sigma_1 F_2}(s) = \frac{\sigma_{y1}(s)}{F_2(s)} = \frac{1}{f_1} \cdot \frac{1}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + a_3 s^3 + a_4 s^4}. \quad (14)$$

Полученные подобным образом передаточные функции позволяют рассчитать переходные и частотные характеристики для любой переменной.

Так, например, частотную характеристику влияния скорости толкателя на скорость движения второго тела получим из выражения (13), подставив в него комплексную переменную $s=j\omega$. Окончательно получим:

Пусть скорость толкателя скачкообразно изменилась $v_m(t) = v_{m0} * 1(t)$. Тогда, учитывая (13), запишем:

$$v_m(s) = \frac{v_{m0}}{s(1+a_1s+a_2s^2+a_3s^3+a_4s^4)} = \frac{v_{m0}}{D(s)}, \quad (16)$$

где $D(s)$ – характеристический многочлен.

Здесь коэффициенты ζ_{p1} и ζ_{p2} меньше единицы, т.е. $\zeta_{p1} < 1$, $\zeta_{p2} < 1$. Производная

$$D'(s_i) = 2(\zeta_{p1}T_{p1} + \zeta_{p2}T_{p2}) + 2s_i(4\zeta_{p1}T_{p1}\zeta_{p2}T_{p2} + T_{p1}^2 + T_{p2}^2) + 6s_i^2(\zeta_{p1}T_{p1}T_{p2}^2 + \zeta_{p2}T_{p2}T_{p1}^2) + 4s_i^3T_{p1}T_{p2}^2. \quad (18)$$

Применив теорему вычетов [6], получим переходную характеристику:

$$v_2(t) = v_{m0} \left[1 + \sum_{i=2}^5 \frac{\exp(s_i t)}{s_i D'(s_i)} \right]. \quad (19)$$

Здесь $s_{2,3}$ и $s_{4,5}$ являются корнями характеристического многочлена $D(s)$ и определяются выражениями:

$$s_{2,3} = \frac{-\zeta_{p1} \pm j\sqrt{\zeta_{p1}^2 - 1}}{T_{p1}}; \quad (20)$$

$$s_{4,5} = \frac{-\zeta_{p2} \pm j\sqrt{\zeta_{p2}^2 - 1}}{T_{p2}}.$$

Положим, что характеристический многочлен разлагается на множители:

$$D(s) = (1 + 2\zeta_{p1}T_{p1}s - T_{p1}^2s^2)(1 + 2\zeta_{p2}T_{p2}s - T_{p2}^2s^2). \quad (17)$$

характеристического многочлена (17) $D'(s)$ будет иметь вид:

О влиянии изменений силы F_2 на колебания напряжения σ_{y1} в первой пружине можно судить по выражению [6]:

$$W_{\sigma_{y1}F}(j\omega) = \frac{\sigma_{y1}(j\omega)}{F_2(j\omega)} = \frac{1}{f_1} \cdot \frac{1}{(1 + 2\zeta_{p1}T_{p1}j\omega - T_{p1}^2\omega^2)(1 + 2\zeta_{p2}T_{p2}j\omega - T_{p2}^2\omega^2)}. \quad (21)$$

Об устойчивости работы данного механизма можно судить по критериям Михайлова или Гурвица [9]. Если использовать последний, то в устойчивой системе должны выполняться неравенства:

$$a_1 > 0; a_2 > 0; a_3 > 0; \quad (22)$$

$$a_4 > 0; a_3(a_1a_2 - a_3) - a_4a_1^2 > 0.$$

В случае выполнения условий (22) переходный процесс в механизме будет затухающим. В противном случае станут наблюдаться колебания с увеличивающейся амплитудой или при наличии нелинейностей – автоколебания.

На рис. 2 (амплитудно-фазовая характеристика механизма) и рис. 3 (логарифмические фазовая (а) и амплитудная (б) частотные характеристики, иллюстрирующие влияние скорости v_T толкателя на скорость

движения ползуна v_2 (A, φ) и силы F_2 на напряжения в первой пружине (A_σ, φ_σ) приведены частотные характеристики подпружиненного механизма со следующими исходными данными: $m_1=m_2=0,2$ Нс²/см; коэффициент жесткости пружины $C_1=C_2=100$ Н/см; диаметр проволоки пружин $d = 5$ мм; длина пружин $\ell_1=\ell_2=200$ мм; наружный диаметр пружин $D=40$ мм; внутренний диаметр пружин $D_1=30$ мм; число витков пружин $z_1=z_2=20$; $\vartheta_{np01}=\vartheta_{np02}=0,0131$ 1/Нсм; коэффициент потерь на трение $h_1=h_2=1$ Нс/см.

Кривые построены с помощью вычислений на ПЭВМ значений вещественной U и мнимой V частей функции $W_{v_2}(j\omega)$ по формулам:

$$A = 20 \lg \sqrt{U^2 + V^2}; \quad \varphi = -\arctg \left(\frac{V}{U} \right). \quad (23)$$

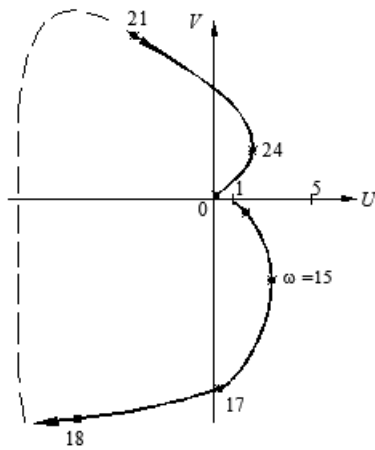


Рис. 2

Амплитудно-фазовая частотная характеристика $W_{v2}(j\omega)$ (рис. 2) иллюстрирует влияние скорости движения толкателя v_T на скорость движения ползуна v_2 .

Кроме того, из этой кривой, являющейся обратной годографу Михайлова, видно, что при увеличении частоты радиус-вектор годографа будет, возрастая, обходить в положительном направлении последовательно I, II, III, IV квадранты.

Логарифмические фазовые (рис. 3-а) и амплитудные (рис. 3-б) характеристики более точно иллюстрируют влияние входных воздействий v_T , F_2 соответственно на скорость движения тела и напряжения в пружине при разных значениях частоты колебаний. Здесь также видно, что в рассматриваемом случае резонансные частоты колебаний скорости движения второго тела и напряжений в первой магистрали совпадают.

ВЫВОДЫ

Предложенный метод позволяет при конструировании подпружиненных механизмов правильно выбрать параметры сопрягаемых деталей. Используя выведенные формулы и известные методы преобразований, можно рассчитать переходные характеристики и оценить во временной области действующие силы, скорости, ускорения, определить ресурс подпружиненного механизма в станках текстильной промышленности, а также обеспечить устойчивый тех-

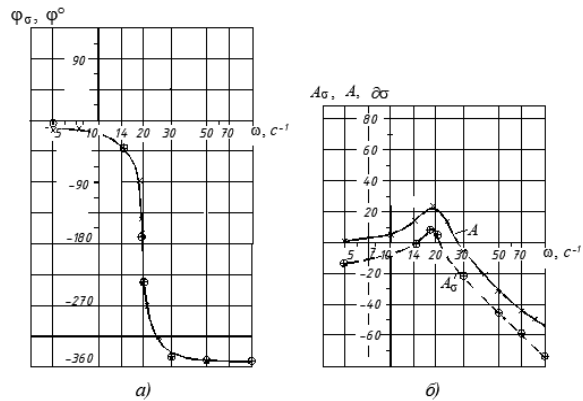


Рис. 3

нологический процесс, связанный с работой оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Расчет рассеяния энергии колебаний в цилиндрической текстильной паковке с параллельной намоткой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 4. С. 61...65.
2. Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Колягин А.Ю., Лабай Н.Ю. Демпфирование колебаний в цилиндрическом теле намотки при изгибе оправки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С. 95...100.
3. Палочкин С.В., Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н. Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в текстильных паковках с крестовой намоткой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 3. С. 141...145.
4. Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Колягин А.Ю., Лабай Н.Ю. Диссипативные свойства текстильных паковок. – Кострома: КГУ, 2016.
5. Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Ларюшкин П.А. Влияние диссипативных свойств текстильной паковки на демпфирование колебаний в мотальном механизме текстильной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 114...117.
6. Kondratenko Leonid A., Mironova Lyubov I., Dmitriev Vladimir G., Egorova Olga V., Shemiakov Aleksandr O. Investigation of the dynamics of nonlinear mechanical systems with long power lines through digital modeling // Periodico Tche Quimica. – 2019, 16(33). P. 668...680.
7. Кондратенко Л.А., Миронова Л.И. Моделирование динамических процессов в существенно нелинейных системах. – М.: Русайн, 2021.
8. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа. – М.: Наука, 1965.

9. Иванов В.А., Чемоданов Б.К., Медведев В.С. Математические основы теории автоматического регулирования. – М.: Высшая школа, 1971.

10. Лаврентьев М.А., Шабат Б.Г. Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1965.

REFERENCES

11. Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Расчет рассеяния энергии колебаний в цилиндрической текстильной паковке с параллельной намоткой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 4. С. 61...65.

12. Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Колягин А.Ю., Лабай Н.Ю. Демпфирование колебаний в цилиндрическом теле намотки при изгибе оправки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С. 95...100.

13. Палочкин С.В., Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н. Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в текстильных паковках с крестовой намоткой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 3. С. 141...145.

14. Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Колягин А.Ю., Лабай Н.Ю. Диссипативные свойства текстильных паковок. – Кострома, КГУ, 2016.

15. Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Ларюшкин П.А. Влияние диссипативных свойств текстильной паковки на демпфирование колебаний в мотальном механизме текстильной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 114...117.

16. Kondratenko Leonid A., Mironova Lyubov I., Dmitriev Vladimir G., Egorova Olga V., Shemiakov Aleksandr O. Investigation of the dynamics of nonlinear mechanical systems with long power lines through digital modeling // Periodico Tchc Quimica. – 2019, 16(33). P. 668...680.

17. Кондратенко Л.А., Миронова Л.И. Моделирование динамических процессов в существенно нелинейных системах. Монография. – М.: Русайн, 2021.

18. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа. – М.: Наука, 1965.

19. Иванов В.А., Чемоданов Б.К., Медведев В.С. Математические основы теории автоматического регулирования. – М.: Высшая школа, 1971.

20. Лаврентьев М.А., Шабат Б.Г. Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1965.

Рекомендована кафедрой теоретической и прикладной механики РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 13.12.21.

УДК 539.434:677.494

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_205

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МОРСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ КАНАТОВ***

**MATHEMATICAL MODELING
AND COMPUTER PREDICTION
OF DEFORMATION PROCESSES OF MARINE POLYMER ROPES**

Н.В. ПЕРЕБОРОВА, А.М. ЛИТВИНОВ, А.А. МАКАРОВА, С.В. КИСЕЛЕВ

N.V. PEREBOROVA, A.M. LITVINOV, A.A. MAKAROVA, S.V. KISELEV

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: nina1332@yandex.ru; litalmih@yandex.ru; anastasiaquish@yahoo.com; sergkise@mail.ru

В статье рассматриваются методы моделирования и прогнозирования деформационных процессов морских полимерных канатов различного компонентного состава, различного диаметра и типа плетения, капроновых линий и фалов. Методики прогнозирования вязкоупругости указанных материалов основаны на математическом моделировании их деформационных свойств. Дается методика решения задач сравнительного анализа свойств материалов, исследования взаимосвязи свойств со структурой, прогнозирования кратковременных и длительных механических воздействий.

The article discusses methods for modeling and predicting the deformation processes of marine polymeric ropes of various component composition, various diameters and types of weaving, nylon lines and halyards. Methods for predicting the viscoelasticity of these materials are based on mathematical modeling of their deformation properties. A technique is given for solving problems of comparative analysis of the properties of materials, studying the relationship between properties and structure, predicting short-term and long-term mechanical effects.

Ключевые слова: компьютерное прогнозирование, математическое моделирование, морские полимерные канаты, деформационные свойства, релаксация, ползучесть.

* Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Keywords: computer prediction, mathematical modeling, marine polymer ropes, deformation properties, relaxation, creep.

Изучение деформационных свойств морских полимерных канатов и других изделий, относящихся к классу вязкоупругих твердых тел, в области действия неразрушающих нагрузок, близких к условиям их эксплуатации, продиктована расширением областей их применения и условий эксплуатации. Такие исследования возможны на основе математического моделирования процессов деформирования, которые включают в себя как вязкоупругую релаксацию, так и вязкоупругую ползучесть [1].

Для сравнительного анализа и прогнозирования деформационных свойств морских полимерных канатов необходима разработка адекватной математической модели на основе физически обоснованного аналитического описания вязкоупругости. Следует заметить, что изучение механических свойств морских полимерных канатов, проявляющихся в условиях эксплуатации, гораздо сложнее, чем измерение только лишь разрывных характеристик, по которым нельзя получить полноценную объективную оценку свойств материала. Особую ценность имеет решение задачи прогнозирования деформационных процессов для морских полимерных канатов, когда помимо сопоставления их механических свойств, приходится учитывать условия эксплуатации изделий [2].

Появление новых полимерных канатов и других изделий 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 материалов морского назначения способствует повышению достоверности прогнозирования деформационных процессов [3].

В основе исследования механических свойств и прогнозирования деформационных процессов полимерных материалов морского назначения лежит математическое моделирование вязкоупругости на

основе данных краткосрочного эксперимента на простую релаксацию или простую ползучесть. Одним из развиваемых в настоящее время вариантов математического моделирования вязкоупругости полимеров является вариант, основанный на аналитической аппроксимации экспериментальных "семейств" кривых релаксации и ползучести с помощью различных нормированных релаксационных функций и функций запаздывания по логарифмической шкале приведенного времени [4].

В частности, показано, что, если для математического моделирования вязкоупругих свойств полимерных материалов относительно простой макроструктуры типа нитей достаточно использовать в качестве релаксационной функции или функции запаздывания интеграл вероятности или гиперболический тангенс, то для полимерных материалов сложной макроструктуры, к которым следует отнести полимерные изделия морского назначения (канаты, линии, фалы и т.п.), целесообразно использовать функцию нормированный арктангенс логарифма приведенного времени (НАЛ), которая задает вероятностное распределение Коши, главным достоинством которого является свойство замкнутости относительно операции сложения случайных величин (то есть сумма случайных величин, распределенных по закону Коши, также распределена по этому закону) [5].

Из этого важного свойства закона распределения Коши следует, что деформационные процессы, как составных частей морского каната (прядей, линей, коболок, нитей, волокон), так и самого каната в целом, могут быть описаны одной математической моделью, в основе которой лежит функция НАЛ, что существенно упрощает процесс математического моделирования вязкоупругости.

Учитывая сказанное, математическое моделирование процессов релаксации и ползучести полимерных изделий морского назначения проводилось на основе нормированной функции НАЛ. Одним из осново-

полагающих достоинств предлагаемой математической модели вязкоупругости является выполнение требования к наименьшему числу параметров-характеристик модели и их физическая обоснованность. К тому же выбранная модель вязкоупругости обладает достаточной простотой, достигаемой за счет учета нелинейности в интегральных ядрах релаксации и запаздывания (времена релаксации и запаздывания вводятся как параметры модели), а не за счет усложнения самих ядер [6].

В качестве объектов исследования брались морские полимерные канаты (табл.1), морские капроновые линии (табл.2) и капроновые фалы (табл.3). Если в качестве образцов морских линий и фалов были выбраны только капроновые изделия, то образцы морских канатов представлены более ши-

роко (капроновые, полипропиленовые, полистиловые). Исследуемые образцы канатов отличаются также и по типу плетения.

Математическое моделирование вязкоупругости указанных материалов морского назначения проводилось на основе функции НАЛ, применяемой в виде функции релаксации [7]:

$$\varphi_{\text{ст}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg \left(\frac{1}{b_{\text{н}\varepsilon}} \ln \frac{t}{\tau_{\varepsilon}} \right) - \quad (1)$$

для процесса релаксации и в виде функции запаздывания

$$\varphi_{\text{ст}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg \left(\frac{1}{b_{\text{н}\sigma}} \ln \frac{t}{\tau_{\sigma}} \right) - \quad (2)$$

для процесса ползучести.

Т а б л и ц а 1

Материал	Тип плетения	Диаметр, мм	Линейная плотность, Мтекс	Разрывная нагрузка, кН
капрон	трехрядный	8	0,045	9,9
		16	0,17	35,3
		32	0,68	137
		48	1,53	290
		64	2,62	498
капрон	восьмирядный	16	0,31	93
		32	0,94	186
		48	1,84	405
		64	3,14	746
		80	4,91	1155
полипропилен–50%, капрон – 50%	четырёхрядный	8	0,17	29
		16	0,48	82
		32	1,47	171
		48	2,73	378
		64	3,28	674
полипропилен	трехрядный	8	0,039	8,7
		16	0,11	25,2
		32	0,37	81
		48	0,84	149
		64	1,44	235
полипропилен	восьмирядный	16	0,27	73
		32	0,45	97
		48	1,01	225
		64	1,73	385
		80	2,71	604
полистил (полипропилен–75%, полиэтилен – 25%)	трехрядный	8	0,082	21
		16	0,25	64
		32	0,43	88
		48	0,99	206
		64	1,69	361
полистил (полипропилен – 75%, полиэтилен – 25%)	восьмирядный	16	0,31	121
		32	0,52	175
		48	1,19	339
		64	2,03	605
		80	3,21	989

Т а б л и ц а 2

Диаметр, мм	Число каболок в линии	Разрывная нагрузка каболок, кН	Разрывная нагрузка линия, кН
4,5	6	0,92	3,6
5,6	9	0,92	6,0
6,8	12	0,92	6,9
8,5	12	1,58	9,4
10,3	12	1,58	11,8

Т а б л и ц а 3

Диаметр шнура, мм	Линейная плотность, ктекс	Разрывная нагрузка, кН	Количество нитей		
			в оплетке	в сердечнике	всего в шнуре
4	11	2,9	2 x 8	13	29
6	20	3,5	4 x 8	17	49
8	33	7,0	4 x 8	51	91
10	53	10	7 x 8	88	144
12	84	17	10 x 8	141	221

С учетом сказанного, математические модели релаксации (3) и ползучести (4) имеют вид [8]:

$$E_{\text{ст}} = E_0 - (E_0 - E_{\infty})\varphi_{\text{ст}}, \quad (3)$$

$$D_{\text{ст}} = D_0 + (D_{\infty} - D_0)\varphi_{\text{ст}}, \quad (4)$$

где t – время, $1/b_{\text{н}\varepsilon}$ – параметр интенсивности процесса релаксации; $1/b_{\text{н}\sigma}$ – параметр интенсивности процесса ползучести; τ_{ε} – время релаксации (время, за которое проходит половина процесса релаксации при величине деформации ε); τ_{σ} – время запаздывания (время за которое проходит половина процесса ползучести при величине напряжения σ); $E_{\text{ст}} = \sigma/\varepsilon$ – модуль релаксации; E_0 – модуль упругости; E_{∞} – модуль вязкоупругости; $D_{\text{ст}} = \varepsilon/\sigma$ – податливость; D_0 – начальная податливость; D_{∞} – предельная равновесная податливость; ε – деформация; $\sigma = F/S$ –

напряжение; F – усилие при растяжении; S – площадь поперечного сечения образца.

Математическое моделирование релаксации (изменение во времени напряжения σ , зависящего от деформации ε) и ползучести (изменение во времени деформации ε , зависящей от напряжения σ) основано на интерполировании экспериментальных "семейств" кривых модуля релаксации и податливости обобщенными кривыми (3) и (4). Указанная интерполяция становится возможной при выполнении условий равенства производных модуля релаксации и податливости для равных значений модуля релаксации и податливости, что приводит к наложению экспериментальных кривых "семейств" при их временных сдвигах вдоль логарифмическо-временной шкалы на обобщенные кривые [9].

Несомненным достоинством математических моделей (3), (4) является то, что они содержат минимальное число параметров, имеющих четкий физический смысл: E_0 , E_{∞} , D_0 , D_{∞} – асимптотические значения модуля релаксации и податливости:

$$E_0 = \lim_{t \rightarrow 0} E_{\text{ст}}, E_{\infty} = \lim_{t \rightarrow \infty} E_{\text{ст}}, D_0 = \lim_{t \rightarrow 0} D_{\text{ст}}, D_{\infty} = \lim_{t \rightarrow \infty} D_{\text{ст}}; \quad (5)$$

- структурные параметры $b_{\text{н}\varepsilon}$ и $b_{\text{н}\sigma}$ характеризуют скорость процессов релаксации и ползучести; указанные параметры соответствуют логарифму приведенного времени "полурелаксации" (половина процесса

релаксации при деформации ε происходит в интервале времени $t \in [t', t'']$, где $\ln(t'/\tau_{\varepsilon}) = -b_{\text{н}\varepsilon}$, $\ln(t''/\tau_{\varepsilon}) = b_{\text{н}\varepsilon}$) и "полузапаздывания" (половина процесса

ползучести при напряжении σ происходит в интервале времени $t \in [t', t'']$, где $\ln(t'/\tau_\sigma) = -b_{n\sigma}$, $\ln(t''/\tau_\sigma) = b_{n\sigma}$);
 - функции времен релаксации $f_{\varepsilon_1\varepsilon} = \ln(t_1/\tau_\varepsilon)$ и времен запаздывания $f_{\sigma_1\sigma} = \ln(t_1/\tau_\sigma)$, характеризующие сдвиги кривых "семейств" релаксации и ползучести вдоль логарифмическо-временной шкалы содержатся, соответственно, в структурно-деформационно-временном аргументе-функционале

$$W_{\varepsilon t} = \frac{1}{b_{n\varepsilon}} \ln \frac{t}{\tau_\varepsilon} = \frac{1}{b_{n\varepsilon}} \left(\ln \left(\frac{t}{t_1} \right) + \ln \left(\frac{t_1}{\tau_\varepsilon} \right) \right) \quad (6)$$

и в структурно-сило-временном аргументе-функционале:

$$W_{\sigma t} = \frac{1}{b_{n\sigma}} \ln \frac{t}{\tau_\sigma} = \frac{1}{b_{n\sigma}} \left(\ln \left(\frac{t}{t_1} \right) + \ln \left(\frac{t_1}{\tau_\sigma} \right) \right). \quad (7)$$

Использование нормированной функции НАЛ в качестве основы математических моделей вязкоупругости, позволяет с достаточной степенью точности моделировать деформационные свойства полимерных материалов морского назначения. Указанное моделирование расширяет деформационно-временные и сило-временные границы прогнозирования деформационных процессов за счет достаточно медленной сходимости функции НАЛ к своим асимптотическим значениям.

Аналитическое задание функции НАЛ и принадлежность ее к классу элементарных функций упрощает дифференциально-интегральные преобразования в рамках рассматриваемой математической модели и облегчает процесс нахождения вязкоупругих характеристик.

Прогнозирование деформационных процессов на основе известных интегральных соотношений Больцмана-Вольтерра [10] (8) – для процесса нелинейно-наследственной релаксации и (9) – для процесса нелинейно-наследственной ползучести:

$$\sigma_t = E_0 \varepsilon_t - (E_0 - E_\infty) \int_0^t \varepsilon_\theta \cdot \varphi'_{\varepsilon, t-\theta} d\theta, \quad (8)$$

$$\varepsilon_t = D_0 \sigma_t + (D_\infty - D_0) \int_0^t \sigma_\theta \cdot \varphi'_{\sigma, t-\theta} d\theta, \quad (9)$$

с интегральными ядрами релаксации [11] (8) и запаздывания (9), соответствующими нормированным функциям (1), (2):

$$\varphi'_{\varepsilon t} = \frac{\partial \varphi_{\varepsilon t}}{\partial t} = \frac{1}{\pi} \frac{1}{b_{n\varepsilon}} \frac{1}{1 + W_{\varepsilon t}^2} \frac{1}{t}, \quad (10)$$

$$\varphi'_{\sigma t} = \frac{\partial \varphi_{\sigma t}}{\partial t} = \frac{1}{\pi} \frac{1}{b_{n\sigma}} \frac{1}{1 + W_{\sigma t}^2} \frac{1}{t}. \quad (11)$$

Преимущество применения для моделирования деформационных процессов интегральных ядер (10), (11), как следствие математической модели (3), (4), состоит в возможности расширения области доверительного прогнозирования в сторону "больших" (длительные процессы) и в сторону "малых" времен (кратковременные процессы) с уменьшением погрешности прогноза за счет снижения влияния квазимгновенного фактора деформирования в начале процесса [12].

Кроме того, повышение точности прогнозирования основано на разработанных методах вычисления несобственных нелинейно-наследственных интегралов (8), (9), основанных на неравномерном разбиении временной шкалы с учетом специфики рассматриваемого процесса [13].

Например, при прогнозировании активных (быстропротекающих) процессов, характеризующихся ростом скорости деформирования, целесообразно разбиение временной шкалы по возрастающей геометрической прогрессии – с целью наилучшего учета влияния квазамгновенного фактора деформирования в начале процесса.

При прогнозировании же длительных процессов, характеризующихся снижением скорости деформирования, целесообразно разбиение временной шкалы по убывающей геометрической прогрессии – с целью наилучшего учета длительных деформационных воздействий.

На рис. 1 показан деформационно-восстановительный процесс с частичной разгрузкой трехрядного капронового каната 680 ктекс, $T=20^\circ$, диаметр 32 мм (линии – эксперимент, * – расчет по формуле (9)); на

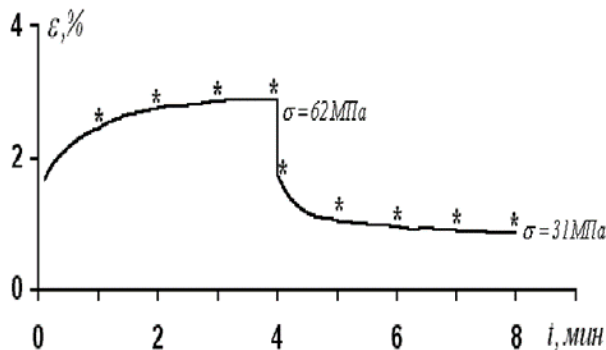


Рис. 1

рис. 2 – процесс обратной релаксации с частичной разгрузкой трехрядного капронового каната 680 ктекс, $T=20^\circ$, диаметр 32 мм (линии - эксперимент, * – расчет по формуле (8)).

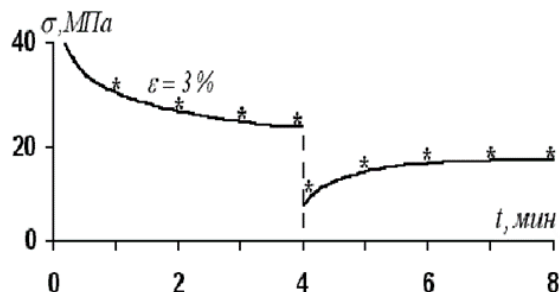


Рис. 2

Разработанные методы вычисления интеграла нелинейно-наследственной вязкоупругости (8), (9) на основе математической модели с функцией НАЛ и соответствующее программное обеспечение опробованы на различных видах деформационно-восстановительных процессов и процессов обратной релаксации. Близость расчетных точек к экспериментальным значениям наблюдается для всех рассмотренных материалов (рис. 1, рис. 2).

Разложение полной деформации ε_t на две компоненты: ε_y – упругую деформацию и ε_{vp} – вязкоупругопластическую деформацию:

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_{vp} \quad (12)$$

может быть произведено на основе интегрального соотношения (8):

$$\varepsilon_y = \varepsilon_t - (1 - E_\infty E_0^{-1}) \int_0^t \varepsilon_{t-s} \phi'_{es} ds, \quad (13)$$

$$\varepsilon_{vp} = (1 - E_\infty E_0^{-1}) \int_0^t \varepsilon_{t-s} \phi'_{es} ds. \quad (14)$$

Указанное разделение весьма условно и трактуется разными авторами по-разному. Однако такое разделение полной деформации полезно, так как позволяет ответить на многие вопросы относительно упругих и вязкоупругопластических свойств полимерных канатов.

Например, если полимерный канат изготовлен из полимерных нитей со значительным преобладанием упругой составляющей деформации, то он будет хорошо восстанавливать свою форму после деформирования и его целесообразно использовать при постановке оборудования на заданное заглубление (постановка батометрических станций) и при буксировке оборудования на заданной глубине (профилографа, эхотрала, эхографа).

Однако, если требуется канат, обладающий вязкоупруго-пластическими свойствами, например, для целей швартовки судов, постановки судов на якорь, постановки плавучего навигационного ограждения (буев), то для этих целей лучше подойдут материалы с преобладанием вязкоупруго-пластической деформации, так как они смогут наилучшим образом гасить вредные механические воздействия (шторм, приливы-отливы, рывки при швартовке), обладая, к тому же, большей долговечностью в режимах неразрушающего деформационного воздействия.

Проведенный анализ деформационных свойств полимерных материалов морского назначения выявил влияние геометрических размеров, линейной плотности, способа переплетения прядей и компонентного состава на их деформационные свойства. Для такого анализа исследуем некоторые

расчетные характеристики (табл. 4 – расчетные характеристики интенсивности про-

цессов релаксации и ползучести морских полимерных канатов диаметром 32 мм).

Т а б л и ц а 4

Материал	Тип плетения	Линейная плотность, Мтекс	Интенсивность релаксации $b_{не}$	Интенсивность ползучести $b_{пс}$
капрон	трехрядный	0,68	4,53	3,17
капрон	восьмирядный	0,94	3,38	2,29
полипропилен–50%, капрон – 50%	четырёхрядный	1,47	2,91	1,93
полипропилен	трехрядный	0,37	9,52	6,48
полипропилен	восьмирядный	0,45	6,42	4,37
полистил (полипропилен–75%, полиэтилен – 25%)	трехрядный	0,43	8,28	5,92
полистил (полипропилен – 75%, полиэтилен – 25%)	восьмирядный	0,52	2,76	1,86

Сравнивая расчетные характеристики для образцов морских канатов с одинаковым типом переплетения и одного диаметра, но разного компонентного состава (капрон и полипропилен), получаем почти двукратное увеличение структурных коэффициентов $b_{не}$ и $b_{пс}$ для изделий из полипропилена, по сравнению с капроном, что означает более быструю релаксацию капрона. В данном случае на процессы релаксации и ползучести оказывает влияние компонентный состав соответствующих образцов.

Аналогично, рассматривая образцы морских канатов, произведенных из одного типа полимеров и одинакового диаметра, но различные по типу прядения и по линейной плотности, отмечаем уменьшение структурных коэффициентов $b_{не}$ и $b_{пс}$ (процессы релаксации и ползучести ускоряются), несмотря на увеличение линейной плотности.

Другим примером применения разработанных методов определения вязкоупругих характеристик полимерных канатов служит задача о влиянии диаметра каната на его деформационные свойства. С уменьшением диаметра канатов, изготовленных из одного полимерного материала с помощью одного типа прядения, происходит уменьшение структурных параметров $b_{не}$ и $b_{пс}$, что означает ускорение процессов релаксации и ползучести. Кроме того, с умень-

шением диаметра каната функции среднестатистических времен релаксации и запаздывания сдвигаются в сторону малых деформаций и напряжений. Данное обстоятельство также говорит об ускорении указанных процессов.

Применение разработанных методов на практике заметно упрощается благодаря автоматизации вычислений с помощью соответствующего программного обеспечения. Объединение программ в единый программный комплекс с общим интерфейсом определяет их универсальность и возможность параллельного использования при моделировании деформационных свойств полимерных материалов морского назначения.

В Ы В О Д Ы

1. Разработанные компьютерные методики прогнозирования релаксации и ползучести полимерных изделий морского назначения на основе предлагаемой математической модели релаксации позволяют с большой степенью точности рассчитывать характеристики релаксации и ползучести.

2. Предложенные компьютерные методики прогнозирования деформационных и восстановительных процессов на основе предлагаемых математических моделей релаксации и ползучести позволяют с большой степенью надежности прогнозировать

деформационные и восстановительные процессы полимерных изделий морского назначения, что подтверждено данными эксперимента.

3. Разработанные компьютерные методики разделения полной деформации и соответствующей ей механической энергии деформирования на компоненты позволяют производить оценки упругих и вязкоупругопластических свойств полимерных изделий морского назначения, играющих важную роль при отборе материалов, обладающих требуемыми упругими, вязкоупругими и пластическими свойствами.

4. Разработанные компьютерные методики определения вязкоупругих характеристик полимерных изделий морского назначения позволяют производить технологический отбор материалов и давать рекомендации по их техническому использованию.

5. Все разработанные компьютерные методики были опробованы на большой группе морских полимерных канатов, линей и фалов и дали положительный результат, что дает основание считать данные методики универсальными и рекомендовать их для широкого внедрения в научно-исследовательский процесс материаловедческих лабораторий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А.Г. Контроль параметров нелинейно-наследственных ядер релаксации и запаздывания синтетических нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С.12...16.

2. Макаров А.Г. Определение аналитической взаимосвязи нормированных ядер релаксации и ползучести в линейной теории вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 2. С. 13...17.

3. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование деформационных процессов полимерных парашютных строп // Химические волокна. – 2015, № 6. С. 60...67.

4. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А. Моделирование и расчетное прогнозирование релаксационных и деформационных свойств полимерных парашютных строп // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 194...205.

5. Сталевич А.М., Макаров А.Г. Вариант спектра наследственно-вязкоупругой релаксации синте-

тических нитей// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 3. С. 8...13.

6. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А. Прогнозирование деформационно-релаксационных процессов полиамидных тканей, применяемых для изготовления куполов парашютов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 250...258.

7. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Качественный анализ деформационно-релаксационных свойств арамидных шнуров горноспасательного назначения// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С.309...313.

8. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Математическое моделирование деформационно-релаксационных процессов полимерных материалов в условиях переменной температуры// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 4. С. 287...292.

9. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С., Васильева Е.К. Методы математического моделирования и качественного анализа релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 2. С.251...255.

10. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Егорова М.А., Козлов А.А., Коновалов А.С. Методы моделирования и сравнительного анализа усадки и деформационно-восстановительных свойств арамидных текстильных материалов// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С.253...257.

11. 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.

12. 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.

13. Макаров А.Г., Максимов В.В., Коновалов А.С., Козлов А.А., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Компьютерное моделирование и качественный анализ деформационно-релаксационных свойств полимерных материалов для парашютостроения// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 5. С. 248...253.

REFERENCES

1. Makarov A.G. Kontrol' parametrov nelinejno-nasledstvennykh yader relaksacii i zapazdyvaniya sinteticheskikh nitej // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2000, № 2. S.12...16.

2. Makarov A.G. Opredelenie analiticheskoi vzaimosvyazi normirovannykh yader relaksacii i polzuchesti

v linejnoj teorii vyazkouprugosti tekstil'nyh materialov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2002, № 2. S. 13...17.

3. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A. Matematicheskoe modelirovanie i komp'yuternoe prognozirovanie deformatsionnykh processov polimernykh parashyutnykh strop // *Himicheskie volokna.* – 2015, № 6. S. 60...67.

4. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A. Modelirovanie i raschetnoe prognozirovanie relaksacionnykh i deformatsionnykh svoystv polimernykh parashyutnykh strop // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2015, № 6. S. 194...205.

5. Stalevich A.M., Makarov A.G. Variant spek-tra nasledstvenno-vyazkouprugoj relaksacii sinteticheskikh nitej// *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2000, № 3. S. 8...13.

6. Demidov A.V., Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A. Prognozirovanie deformatsionno-relaksacionnykh processov poliamidnykh tkaney, primenyaemykh dlya izgotovleniya kupolov parashyutov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2017, № 1. S. 250...258.

7. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Kachestvennyj analiz deformatsionno-relaksacionnykh svoystv aramidnykh shnurov gornospasatel'nogo naznacheniya// *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2017, № 2. S.309...313.

8. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Matematicheskoe modelirovanie deformatsionno-relaksacionnykh processov polimernykh materialov v usloviyah peremennoj temperatury// *Izvestiya*

Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 4. S. 287...292.

9. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S., Vasil'eva E.K. Metody matematicheskogo modelirovaniya i kachestvennogo analiza relaksacionno-deformatsionnykh processov aramidnykh tekstil'nykh materialov// *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2018, № 2. S.251...255.

10. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Kozlov A.A., Kononov A.S. Metody modelirovaniya i sravnitel'nogo analiza usadki i deformatsionno-vosstanovitel'nykh svoystv aramidnykh tekstil'nykh materialov// *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2018, № 3. S.253...257.

11. Makarov A.G., Pereborova N.V., Kozlov A.A., SHvankin A.M. Komp'yuternoe prognozirovanie i kachestvennyj analiz polimernykh parashyutnykh strop // *Himicheskie volokna.* – 2018, № 3. S. 94...97.

12. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Spektral'nyj analiz vyazkouprugosti geotekstil'nykh netkanykh poloten i ego primenenie dlya ocenki ih funkcional'nosti// *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2019, № 2. S. 192...198.

13. Makarov A.G., Maksimov V.V., Kononov A.S., Kozlov A.A., Vagner V.I., Vasil'eva E.K. Komp'yuternoe modelirovanie i kachestvennyj analiz deformatsionno-relaksacionnykh svoystv polimernykh materialov dlya parashyutostroeniya// *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* – 2019, № 5. S. 248...253.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем защиты информации. Поступила 11.05.22.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

COMPUTER PREDICTION OF DEFORMATION MODES OF GEOTEXTILE NONWOVEN MATERIALS' OPERATION

S.V. КИСЕЛЕВ, А.А. КОЗЛОВ, И.М. ЕГОРОВ

S.V. KISELEV, A.A. KOZLOV, I.M. EGOROV

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: sergkise@mail.ru, aakozlov92@mail.ru, ivegoro@mail.ru

Рассматриваются вопросы компьютерного прогнозирования деформационных режимов эксплуатации геотекстильных нетканых материалов, включая сложные деформационно-восстановительные режимы. В основе математической модели деформационно-эксплуатационных процессов геотекстильных нетканых материалов лежит спектрально-временная теория вязкоупругости. Практическое использование методов достоверного прогнозирования деформационно-эксплуатационных процессов геотекстильных нетканых материалов упрощается их цифровизацией.

The issues of computer prediction of deformation modes of geotextile nonwoven materials' operation, including complex deformation-recovery modes, are considered in the article. The basis of the mathematical model of geotextile nonwoven materials' deformation-operational processes is the spectral-temporal theory of viscoelasticity. The practical use of methods for reliable prediction of geotextile nonwoven materials' deformation-operational processes is simplified by their digitalization.

Ключевые слова: математическое моделирование, прогнозирование, геотекстильные нетканые материалы, деформационные процессы, восстановительные процессы.

Keywords: mathematical modeling, forecasting, geotextile nonwoven materials, deformation processes, recovery processes.

Геотекстильные нетканые материалы занимают определенное место среди полимерных волокнистых текстильных материалов. Выделение этих материалов в особую группу продиктовано особенностью их макроструктуры, которую, в отличие от большинства других текстильных материалов, нельзя назвать упорядоченной. В то же время целесообразность исследования механических свойств нетканых материалов

определяется широкой областью их применимости.

Технология производства геотекстильных нетканых материалов позволяет использовать все виды текстильного сырья, в том числе низких сортов, короткоштапельные и непрядомые волокна, а также волокна, регенерированные из лоскута и тряпья, что выгодно экономически отличает их от других видов текстильных материалов [1].

* Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Достаточно большой группой геотекстильных нетканых материалов являются иглопробивные нетканые материалы. Некоторые области их применения: земляное, дорожное и железнодорожное строительство, строительство сооружений, аэропортов, дамб, набережных, туннелей, кровли, дренажа, искусственного дерна, теннисных кортов.

Иглопробивные нетканые материалы применяются для защиты берегов, для сельскохозяйственных целей, в качестве арматуры в строительных материалах, в машиностроении – для деталей оборудования, покрытия труб, литых элементов, тепло- и звукоизоляции, фильтров, бумагоделательных суков, полировального и абразивного фетра и т.д.

Для производства иглопробивных нетканых материалов используются все известные и создаваемые волокна, многие дисперсные, сыпучие, связующие вещества. Отдельно и в смесках применяются натуральные, искусственные, синтетические, минеральные, стеклянные волокна [2].

Из синтетических волокон наибольшее применение находят полиамидные, полиэфирные, полипропиленовые волокна. Из натуральных волокон применяют хлопок и шерсть, дающие прекрасные результаты в иглопробивной технологии изготовления геотекстильных нетканых материалов. Из искусственных волокон используют вискозу. Применяют различные новые и восстановленные волокна, моноволокна, филamentные нити.

Разработка методов математического моделирования и цифрового прогнозирования деформационно-эксплуатационных процессов иглопробивных нетканых материалов является актуальной задачей, решение которой способствует выпуску геотекстильных нетканых материалов, обладающих требуемыми вязкоупругими свойствами [3].

Иглопробивные нетканые материалы перспективны для повышения эффективности и снижения стоимости работ, например, при строительстве дорог, сооружений различного назначения и т.п. Поэтому необходимо развитие научных концепций и

выработка практических рекомендаций по технологическому отбору материалов, созданию новых и совершенствованию существующих структур иглопробивных нетканых материалов. В первую очередь это относится к иглопробивным нетканым материалам на основе синтетических волокнистых отходов, которые представляют наибольший технико-экономический и экологический интерес в различных областях промышленного строительства [4].

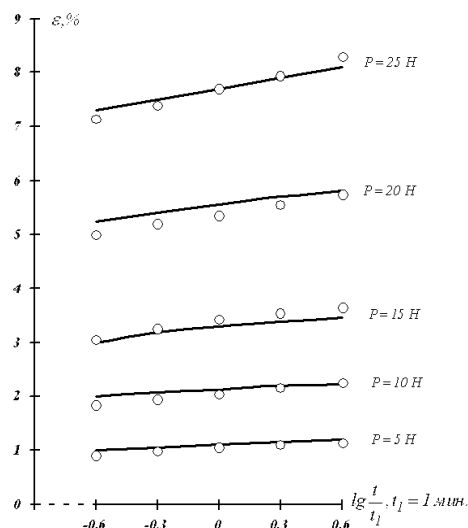


Рис. 1

В результате серий экспериментов в режимах деформационных процессов для нетканых материалов были получены "семейства" кривых ползучести (рис. 1 – "семейство" кривых ползучести иглопробивного нетканого материала (линии – эксперимент, точки – расчет по математической модели (2)...(6))), которые в дальнейшем перестраивались в "семейства" кривых податливости, (рис. 2 – "семейство" кривых податливости иглопробивного нетканого материала (линии – эксперимент, точки – расчет по математической модели (2)...(6))) на основе формулы [5]:

$$F^{-1}D_{pt} = \frac{\varepsilon_{pt} - \varepsilon_{p,ост.}}{P}, \quad (1)$$

где ε_{pt} – деформация, зависящая от растягивающего усилия P и времени деформирования t ; D_{pt} – податливость; F – площадь

поперечного сечения образца материала; $\varepsilon_{p \text{ ост}}$ – остаточная деформация, определяемая по деформационно-восстановительному процессу.

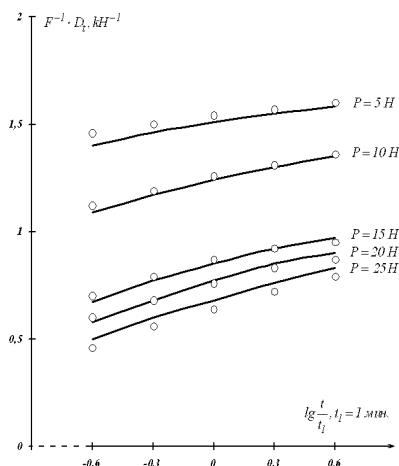


Рис. 2

Микроструктура иглопробивного нетканого материала существенным образом отличается от микроструктуры синтетических нитей и тканей. Поэтому для прогнозирования деформационных и восстановительных процессов иглопробивных нетканых материалов нельзя без соответствующего анализа и расчетной проверки использовать математические модели, успешно применяемые для прогнозирования деформационных и восстановительных процессов нитей и тканей [6].

Для прогнозирования деформационных и восстановительных процессов иглопробивных нетканых материалов была предложена новая математическая модель, учитывающая особенности их микроструктуры.

Проведенное исследование деформационных и восстановительных процессов показало, что среднестатистические времена запаздывания иглопробивных нетканых материалов, характеризующие переходы условных микрочастиц материала из одного устойчивого положения в другое, достаточно малы, т.е. такие переходы осуществляются достаточно быстро – за времена τ_p , много меньшие, чем величина базового лабораторного времени $t_1 = 1$ мин [7].

Данное обстоятельство явилось основанием для учета в математической модели

податливости D_{pt} только неотрицательных значений логарифмическо-временной шкалы приведенного времени $\ln(t/\tau_p)$ ($t \geq \tau_p$), а для отрицательных значений указанной логарифмической шкалы ($t < \tau_p$) – с целью упрощения модели податливость принимается равной нулю. Предлагаемая математическая модель податливости имеет вид:

$$F^{-1}D_{pt} = F^{-1}D_{\infty}\varphi_{pt}, \quad (2)$$

$$\varphi_{pt} = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{\pi}} a_n \int_0^{\frac{1-\ln t}{\tau_p}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, & t > \tau_p \\ 0, & t \leq \tau_p \end{cases}, \quad (3)$$

где D_{∞} – квазиравновесное значение податливости материала; $0 \leq \varphi_{pt} \leq 1$ – нормированная функция, заданная в виде удвоенного интеграла вероятности; τ_p – среднестатистическое время запаздывания; a_n – параметр интенсивности деформационного процесса.

Следует заметить, что сделанное допущение о нулевом значении податливости при временах, меньших среднестатистических времен запаздывания, не принципиально, в силу их особой малости. К тому же процесс прогнозирования деформационных и восстановительных процессов предполагает рассмотрение временных интервалов, сопоставимых с реальным значением базового времени [8].

Для предлагаемой математической модели податливости наибольшее значение производной податливости соответствует значению нормированной $\varphi = 0$, то есть $t = \tau_p$, что позволяет определить значение структурного коэффициента a_n [9]:

$$\frac{1}{a_n} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{(\partial D_{pt} / \partial \ln t) \Big|_{\max}}{D_{\infty}}, \quad (4)$$

при этом асимптотическое значение квазиравновесной податливости D_{∞} определяется как обратная величина модуля вязкоупругости E_{∞} по диаграмме растяжения [10]:

$$D_{\infty} = E_{\infty}^{-1}. \quad (5)$$

Третьим параметром предлагаемой математической модели деформационного процесса является функция времен запаздывания f_p :

$$f_p = \ln \frac{\tau_p}{t_1} < 0. \quad (6)$$

Функция времен запаздывания f_p определяется по величине сдвигов кривых "семейства" податливости до обобщенной кривой податливости:

$$\ln \frac{t}{t_1} = \ln \frac{t}{\tau_p} + \ln \frac{\tau_p}{t_1}. \quad (7)$$

Функцию f_p можно интерпретировать как силовременную аналогию, суть которой заключается в увеличении времени запаздывания при увеличении растягивающего усилия, т.е. оказания тормозящего действия на подвижность запаздывающих частиц материала [11].

Такой характер нелинейной деформационных и восстановительных процессов нетканого материала полезно сопоставить с противоположным характером нелинейности деформационных и восстановительных процессов синтетических волокон, у которых нагрузка оказывает, наоборот, активирующее действие на времена запаздывания, понижая их значения [12].

Это отличие вызвано отсутствием упорядоченной микроструктуры материала, в связи с чем силовой фактор не является определяющим при деформировании [13].

Заметим, что определение квазиравновесной податливости D_{∞} по первому участку диаграммы растяжения (соответствующему зоне эксплуатации материала с незначительными разрушающими воздействиями) компенсирует "ошибку" выбора "нулевого" значения начальной податливости [14].

Для проверки адекватности построенной математической модели деформацион-

ных и восстановительных процессов производилось сопоставление расчетных значений податливости с измеренными экспериментально, что отражено на графиках "семейств" ползучести и податливости (рис. 1, рис. 2).

Близость расчетных точек к экспериментальным кривым подтверждает адекватность и надежность построенной математической модели деформационных и восстановительных процессов [15].

Следует особо отметить преимущество предлагаемой модели, которое состоит в минимальном количестве параметров модели, которые являются одновременно деформационными характеристиками исследуемого материала.

Для удобства прогнозирования и определения деформационных характеристик по предлагаемым методам разработано программное обеспечение [16...20].

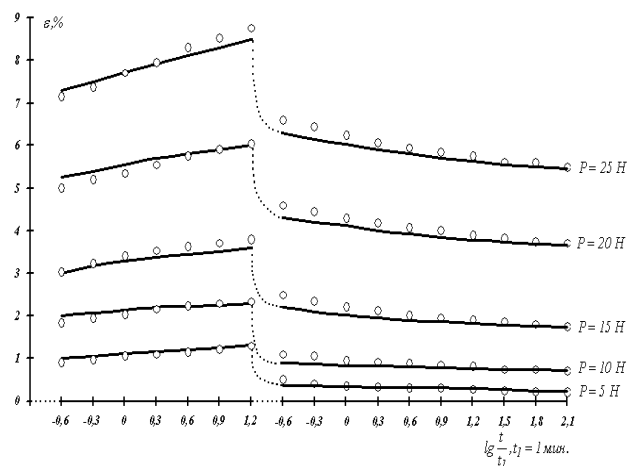


Рис. 3

На основе математической модели деформационных и восстановительных процессов разработаны методики прогнозирования этих процессов иглопробивных нетканых материалов.

Указанное прогнозирование основано на применении общего уравнения нелинейно-наследственной ползучести Больцмана-Вольтерра, модификация которого в рамках предлагаемой модели имеет вид [21]:

$$\varepsilon_t = F^{-1} D_{\infty} \int_{\ln \tau_p}^{\ln t} P_{t-s} \phi'_{ps} d \ln s. \quad (8)$$

В зависимости от варианта деформационных и восстановительных процессов предлагаются различные методики численного прогнозирования. Например, при активном процессе, которому соответствует ярко выраженный рост скорости нагружения, предлагается разбиение обратной временной шкалы s в виде возрастающей геометрической прогрессии, чтобы наилучшим образом учесть быстрорастущие вклады приложенной нагрузки P_{t-s} [22].

Наоборот, при численном прогнозировании длительных деформационных процессов, характеризующимся малым изменением скорости нагружения во времени, предлагается разбиение обратной временной шкалы s проводить в убывающей геометрической прогрессии, так как нагрузка мало меняется с увеличением времени, а наиболее существенными будут вклады приложенной нагрузки в начале процесса [23].

Прогнозирование деформационных процессов иглопробивных нетканых материалов становится точнее и проще с применением вычислительной техники. Пример расчета деформационно-восстановительного процесса с полной разгрузкой приведен на рис. 3 (деформационно-восстановительный процесс с полной разгрузкой иглопробивного нетканого материала (линии - эксперимент, точки - расчет по формуле (8))).

На основе методов прогнозирования деформационных и восстановительных процессов иглопробивных нетканых материалов разработано соответствующее программное обеспечение.

ВЫВОДЫ

1. Предложена математическая модель деформационного процесса иглопробивных нетканых материалов в зоне действия неразрушающих механических воздействий.

2. Разработаны методы определения параметров деформационного процесса иглопробивных нетканых материалов в рамках предложенной математической модели.

3. Разработаны методы прогнозирования деформационных и восстановительных

процессов иглопробивных нетканых материалов.

4. Разработанные методы определения деформационных параметров, а также прогнозирования деформационных и восстановительных процессов иглопробивных нетканых материалов позволяют решать задачи технологической направленности по отбору материалов, обладающих наилучшими, с точки зрения эксплуатационных свойств, параметрами в зависимости от характеристик материала (поверхностной плотности, толщины, количества пробивок на единицу площади и т.д.).

5. На основе методов определения деформационных параметров, а также прогнозирования деформационных и восстановительных процессов иглопробивных нетканых материалов, разработано программное обеспечение, способствующее наилучшему решению указанных выше технологических задач по отбору материалов и прогнозированию деформационных и восстановительных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егорова М.А., Макарова А.А., Коновалов А.С., Максимов В.В. Применение методов спектрального моделирования и компьютерного прогнозирования вязкоупругости для оценки функциональности нетканых полимерных материалов//Химические волокна. – 2020, № 3. С. 85...88.

2. Макаров А.Г. Контроль параметров нелинейно-наследственных ядер релаксации и запаздывания синтетических нитей//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С.12...16.

3. Переборова Н.В. Критерии качественной оценки релаксационных процессов полимерных текстильных материалов с целью оценки их эксплуатационных свойств // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. – 2020, № 1. С. 80...88.

4. Сталевич А.М., Макаров А.Г. Вариант спектра наследственно-вязкоупругой релаксации синтетических нитей// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 3. С. 8...13.

5. Переборова Н.В. Применение критериев качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов для оценки их функциональности//Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2020, № 1. С.101...110.

6. Макаров А.Г. Определение аналитической взаимосвязи нормированных ядер релаксации и ползучести в линейной теории вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 2, С. 13...17.

7. Переборова Н.В. Разработка методов качественной оценки эксплуатационных процессов материалов текстильной и легкой промышленности с целью повышения их функциональности // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2020, № 2, С. 144...155.

8. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Прогнозирование восстановительного деформационного процесса и обратной релаксации полимерных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 3. С. 10...13.

9. Переборова Н.В. Методология компьютерного моделирования деформационно-релаксационных процессов полимерных текстильных материалов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2017, № 2 (30). С. 33...42.

10. Сталевич А.М., Макаров А.Г., Саидов Е.Д. Упругие компоненты диаграммы растяжения синтетической нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 4-5. С. 15...18.

11. Переборова Н.В. Повышение конкурентоспособности арамидных текстильных материалов на основе качественного анализа их эксплуатационно-деформационных свойств // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2017, № 4 (32). С. 123...132.

12. Сталевич А.М., Макаров А.Г., Саидов Е.Д. Релаксационная спектрометрия синтетической нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 1. С. 16...22.

13. Переборова Н.В. Повышение качества продукции текстильной и легкой промышленности на основе внедрения информационных технологий в научные исследования // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2015, № 4. С. 53...62.

14. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Методы компьютерного анализа вязкоупругости технических тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 3. С. 13...17.

15. Переборова Н.В. Разработка инновационных методов контроля эксплуатационных свойств и повышения качества материалов текстильной и легкой промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2015, т. 29, № 3, С. 11...19.

16. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Исследование изменений деформационных свойств полиэфирных нитей в зависимости от степени крутки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4. С. 9...13.

17. Переборова Н.В. Разработка критериев качественной оценки функционально-потребительских свойств продукции текстильной и легкой промышленности с целью управления качеством продукции // Материалы. Дизайн. Технология. – 2015, № 4 (39). С. 84...92.

18. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Критерии оптимального выбора математической модели вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 5. С. 18...22.

19. Переборова Н.В. Разработка стратегической программы создания инжинирингового центра текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2015, т. 29, № 3. С. 35...42.

20. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Определение механических характеристик текстильных материалов при переменной температуре // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 6. С. 14...19.

21. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Компьютерное прогнозирование деформационных процессов текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 2. С. 14...18.

22. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Системный анализ вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 3. С. 20...24.

23. Макаров А.Г., Демидов А.В., Новоселова А.Г., Сталевич А.М. Методы спектрального моделирования механической релаксации текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1С. С. 15...19.

REFERENCES

1. Egorova M.A., Makarova A.A., Kononov A.S., Maksimov V.V. Primenenie metodov spektral'nogo modelirovaniya i komp'yuternogo prognozirovaniya vyazkouprugosti dlya ocenki funkcional'nosti netkanykh polimernykh materialov // Himicheskie volokna. – 2020, № 3. S. 85...88.

2. Makarov A.G. Kontrol' parametrov nelinejnonasledstvennykh yader relaksacii i zapazdyvaniya sinteticheskikh nitej // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2000, № 2. S. 12...16.

3. Pereborova N.V. Kriterii kachestvennoj ocenki relaksacionnykh processov polimernykh tekstil'nykh materialov s cel'yu ocenki ih ekspluatacionnykh svoystv // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2020, № 1. S. 80...88.

4. Stalевич A.M., Makarov A.G. Variant spektra nasledstvenno-vyazkouprugoj relaksacii sinteticheskikh nitej // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2000, № 3. S. 8...13.

5. Pereborova N.V. Primenenie kriteriev kachestvennoj ocenki relaksacionnyh svojstv poli-mernyh tekstil'nyh materialov dlya ocenki ih funkcional'nosti//Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 4: Promyshlennye tekhnologii. – 2020, № 1. S.101...110.
6. Makarov A.G. Opredelenie analiticheskoy vzaimosvyazi normirovannyh yader relaksacii i polzuchesti v linejnoj teorii vyazkouprugosti tekstil'nyh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2002, № 2, S. 13...17.
7. Pereborova N.V. Razrabotka metodov kachestvennoj ocenki ekspluatacionnyh processov materialov tekstil'noj i legkoj promyshlennosti s cel'yu povysheniya ih funkcional'nosti//Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 4: Promyshlennye tekhnologii. – 2020, № 2, S. 144...155.
8. Makarov A.G., Stalevich A.M. Prognozirovanie vosstanovitel'nogo deformacionnogo processa i obratnoj relaksacii polimernyh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2002, № 3. S. 10...13.
9. Pereborova N.V. Metodologiya komp'yuternogo modelirovaniya deformacionno-relaksacionnyh processov polimernyh tekstil'nyh materialov// Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2017, № 2 (30). S. 33...42.
10. Stalevich A.M., Makarov A.G., Saidov E.D. Uprugie komponenty diagrammy rastyazheniya sinteticheskoy niti// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2002, № 4-5. S. 15...18.
11. Pereborova N.V. Povyshenie konkurentosposobnosti aramidnyh tekstil'nyh materialov na osnove kachestvennogo analiza ih ekspluatacionno-deformacionnyh svojstv// Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2017, №4 (32). S. 123...132.
12. Stalevich A.M., Makarov A.G., Saidov E.D. Relaksacionnaya spektrometriya sinteticheskoy niti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2003, № 1. S. 16...22.
13. Pereborova N.V. Povyshenie kachestva produkcii tekstil'noj i legkoj promyshlennosti na osnove vnedreniya informacionnyh tekhnologij v nauchnye issledovaniya//Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2015, № 4. S.53...62.
14. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Metody komp'yuternogo analiza vyazkouprugosti tekhnicheskikh tkaney// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, № 3. S. 13...17.
15. Pereborova N.V. Razrabotka innovacionnyh metodov kontrolya ekspluatacionnyh svojstv i povysheniya kachestva materialov tekstil'noj i legkoj promyshlennosti//Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti. – 2015, t. 29, № 3, S. 11...19.
16. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Issledovanie izmenenij deformacionnyh svojstv poliefirnyh nitej v zavisimosti ot stepeni krutki // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, № 4. S. 9...13.
17. Pereborova N.V. Razrabotka kriteriev kachestvennoj ocenki funkcional'no-potrebitel'skikh svojstv produkcii tekstil'noj i legkoj promyshlennosti s cel'yu upravleniya kachestvom produkcii//Materialy. Dizajn. Tekhnologiya. – 2015, № 4 (39). S. 84...92.
18. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Kriterii optimal'nogo vybora matematicheskoy modeli vyazkouprugosti tekstil'nyh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, № 5. S. 18...22.
19. Pereborova N.V. Razrabotka strategicheskoy programmy sozdaniya inzhiniringovogo centra tekstil'noj i legkoj promyshlennosti// Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti. – 2015, t. 29, №3. S. 35...42.
20. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Opredelenie mekhanicheskikh harakteristik tekstil'nyh materialov pri peremennomj temperature // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2006, № 6. S. 14...19.
21. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Komp'yuternoe prognozirovanie deformacionnyh processov tekstil'nyh materialov// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, № 2. S. 14...18.
22. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Sistemnyj analiz vyazkouprugosti tekstil'nyh materialov// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, № 3. S. 20...24.
23. Makarov A.G., Demidov A.V., Novoselova A.G., Stalevich A.M. Metody spektral'nogo modelirovaniya mekhanicheskoy relaksacii tekstil'nyh materialov// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2007, № 1S. S. 15...19.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации. Поступила 11.05.22.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

MODELING OF THE CONVECTIVE DRYING KINETICS OF TEXTILE MATERIALS UNDER ULTRASONIC ACTION

М.К. КОШЕЛЕВА, О.Р. ДОРНЯК, В.Н. ХМЕЛЕВ, Т.А. НОВИКОВА

M.K. KOSHELEVA, O.R. DORNYAK, V.N. KHMELEV, T.A. NOVIKOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного
технического университета им. И.И. Ползунова)

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Biysk Technological Institute (branch) of the Altay State
Technical University named after I.I. Polzunov)

E-mail: otxpaxt@yandex.ru

Представлены результаты исследования процесса конвективной сушки тканей при наложении ультразвуковых колебаний. Рассмотрен способ вычисления локальных коэффициентов влагопроводности, которые зависят от влагосодержания, температуры, коэффициента проницаемости, сорбционных свойств материала. Представлены результаты расчета влагопереноса в процессе комбинированной сушки тканей с применением ультразвука с использованием специальной формулы для локального коэффициента влагопроводности. Локальные коэффициенты влагопроводности получены для хлопчатобумажных и плотных шерстяных тканей при конвективной сушке с ультразвуковой интенсификацией. Для плотных тканей рассмотрены два режима с наличием и без наличия воздушного слоя между поверхностью ультразвукового излучателя и поверхностью ткани. Локальный коэффициент влагопереноса определен с помощью вычислительного эксперимента для краевой задачи влагопроводности. Полученные значения кинетических коэффициентов согласуются с результатами, которые получены известным зональным методом для процессов сушки тканей с применением и без применения ультразвука. Найденные коэффициенты могут быть использованы для моделирования процессов влагопереноса при термической обработке тканей как конвективным способом, так и в комбинации с воздействием ультразвукового поля.

The results of the study of the process of textiles convective drying with the imposition of ultrasonic vibrations are presented. The method of calculating the local coefficients of moisture conductivity, which depends on the moisture content, temperature, permeability coefficient, sorption properties of the material, is considered. Besides, the results of the calculation of moisture transfer in the process of tissues' combined drying using ultrasound using a special formula for the local coefficient of moisture conductivity are presented. Local moisture conductivity coefficients were obtained for cotton and dense woolen fabrics during convective drying with ultrasonic intensification. For dense tissues, two modes are considered both with

and without the presence of an air layer between the surface of the ultrasonic emitter and the surface of the tissue. The local moisture transfer coefficient was determined using a computational experiment for the boundary value problem of moisture conductivity. The obtained values of kinetic coefficients are consistent with the results obtained by the well-known zonal method for tissue drying processes with and without ultrasound. The obtained coefficients can be used to simulate moisture transfer processes during thermal treatment of tissues both by convective method and in combination with the influence of an ultrasonic field.

Ключевые слова: процесс сушки, ультразвуковая интенсификация, плоские волокнистые материалы, кинетические коэффициенты.

Keywords: drying process, ultrasonic intensification, flat fibrous materials, kinetic coefficients.

Введение

Ультразвуковое (УЗ) воздействие позволяет интенсифицировать процесс сушки капиллярно-пористых материалов [1...3]. Наложение ультразвукового поля повышает эффективность конвективной сушки плотных тканей из натуральных волокон при сравнительно невысоких значениях температуры сушильного агента. Такой комбинированный способ термообработки сохраняет прочностные и эластичные свойства тканей, улучшает качество окраски тканого полотна, благодаря снижению скорости миграции красителей и различных аппретов.

Акустическое воздействие на материал при сушке приводит к интенсификации испарения на межфазных границах ненасыщенного капиллярно-пористого материала и ускорению течения влаги из внутренних слоев образца на поверхность [2]. Акустические колебания с частотами из звукового диапазона 5...10 кГц при интенсивности колебаний 145...150 дБ опасны для здоровья человека, поэтому в современных технологиях сушки практически не используются. Ультразвуковые колебания с частотами более 20 кГц не оказывают вредного воздействия на людей. Однако их использование в сушильных установках для тканых материалов пока не получило широкого распространения. Это связано с отсутствием высокоэффективных излучателей, способных создать ультразвуковые колебания с уровнем звукового давления до 145 дБ, которые равномерно распределены

по объему сушильной камеры, когда скорость сушильного агента достаточно велика и составляет 5...30 м/с.

В работе [3] представлены результаты экспериментальных исследований процесса конвективной сушки текстильных материалов с использованием ультразвуковых колебаний высокой интенсивности при скорости потока сушильного агента 5 м/с. Для проведения исследований в Бийском технологическом институте был разработан специализированный стенд с излучателем ультразвуковых колебаний, позволяющим создавать в зоне сушки колебания с интенсивностью 150 дБ на частоте более 20 кГц и измерительным оборудованием, позволяющим контролировать изменение влагосодержания от времени при различных температурах, скоростях потока и режимах ультразвукового воздействия. В результате исследований доказана возможность 1,5-кратного ускорения ультразвуковой сушки текстильных материалов малой плотности ($M < 300 \text{ г/м}^2$). Эксперименты по сушке тканей более высокой плотности ($M > 300 \text{ г/м}^2$) в аналогичных условиях не показали достоверного эффекта от наложения ультразвуковых волн. Это объясняется тем, что более плотные ткани обладают большей звукопоглощающей способностью, что приводит к снижению доли энергии, идущей на процессы фазовых переходов и формированию гидродинамических течений.

Авторы [3] изменили первоначальные условия сушки плотных тканей. Слой ткани разместили практически на поверхности

излучателя ультразвуковых волн, так что непосредственному воздействию скоростного потока сушильного агента подвергалась только одна сторона образца.

Такой способ термообработки плотных тканей привел практически к трехкратному ускорению процесса обезвоживания по сравнению с процессом конвективной сушки.

Для выбора режимов и условий, обеспечивающих максимальную эффективность процесса сушки различных материалов, часто используется уравнение влагопроводности. В известных работах значение коэффициента влагопроводности определяют, применяя

- эмпирические соотношения [4];
- зональный метод на основе аналитических решений уравнения влагопроводности [5];
- методы решения обратных задач [6].

В данной работе представлены результаты расчета влагопереноса в процессе акустоконвективной комбинированной сушки тканей с использованием специальной формулы для локального коэффициента влагопроводности.

Материалы и методы

Локальные кинетические коэффициенты влагопроводности определены для двух видов окрашенных тканей, которые являются типовыми для своих групп.

1. Хлопчатобумажная ткань с поверхностной плотностью $M=295 \text{ г/м}^2$.
2. Шерстяная тонкосуконная пальтовая ткань с поверхностной плотностью $M=400 \text{ г/м}^2$.

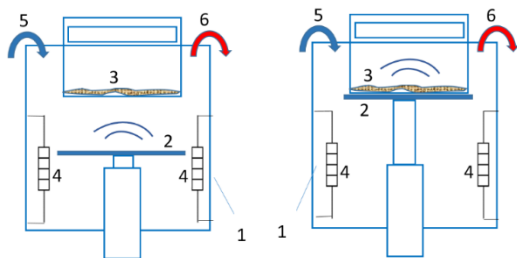


Рис. 1

Рис. 2

На рис. 1 и 2 представлены схемы двух типов размещения ультразвукового излучателя 2 в лабораторной сушильной камере 1

при сушке образца ткани 3. Здесь 4 – нагревательные элементы, 5 и 6 – входящие и выходящие потоки сушильного агента.

Условия термического и ультразвукового воздействия: температура сушильного агента 60°C ; относительная влажность воздуха 0,005; скорость потока воздуха 5 м/с; интенсивность ультразвуковых колебаний 150 дБ, частота колебаний 20 кГц.

Для плотных тканей рассматривались процессы влагопереноса двух типов:

1. Полное обтекание образца ткани потоком сушильного агента. Волны ультразвукового диапазона достигают поверхности образца ткани, отдав часть энергии парогазовой смеси из газового промежутка (рис. 1).

2. Одностороннее обтекание, когда одна поверхность тканевого образца размещается в непосредственной близости от поверхности излучателя (рис. 2). В этом случае мощность УЗ воздействия на элементы ткани существенно возрастает [3].

Экспериментальные данные получены в [3] на специализированном стенде, который позволяет фиксировать основные характеристики процесса сушки и осуществлять непрерывный контроль влагосодержания высушиваемого образца ткани во времени.

Математическая модель

Расчетная формула для коэффициента влагопроводности (для переноса в виде жидкости) получена на основе сложной многофакторной модели тепловлагопереноса в капиллярно-пористом теле как многофазной системе [7], [8]. Эта формула может быть использована для капиллярно-пористых материалов различной природы. Она имеет вид [9]:

$$a_m = \frac{K_{23} \Psi_{23}(\theta_2)}{\mu_2(T)} \frac{RT}{\bar{v}} \frac{u}{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial u}; \quad \varphi = \varphi(u, T). \quad (1)$$

Здесь $a_m = a_m(u, T)$ – коэффициент влагопроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; u – влагосодержание материала, $\text{кг}/\text{кг}$; φ – относительная влажность воздуха; T – температура, К ; $\Psi_{23}(\theta)$ – относительная фазовая проницаемость жидкости; θ_2 – насыщенность объема порового пространства жидкой фазой; μ_2 –

вязкость жидкости, Па·с; R – универсальная газовая постоянная Дж/(моль·К); \bar{v} – молярный объем жидкости, м³/моль; K_{23} – коэффициент проницаемости жидкой фазы при полном насыщении, м². Нижние индексы относятся к отдельным фазам гетерогенной системы: индекс 1 – к парогазовой, 2 – к жидкой, 3 – к твердой фазе.

Из уравнения (1) видно, что коэффициент влагопроводности нелинейным образом зависит от влагосодержания, а также от температуры в данной частице материала. Для расчетов кинетического коэффициента $a_m = a_m(u, T)$ необходимо определить

– уравнение изотермы сорбции (десорбции) паров воды $\varphi = \varphi(u, T)$;

– значение коэффициента проницаемости пористой системы жидкостью K_{23} и функцию относительной фазовой проницаемости $\Psi(\theta)$.

Для определения сорбционных свойств тканей используются результаты опытов на термостатируемой вакуумной сорбционной установке с пружинными весами Мак-Бена – Бакра [10]. Уравнение изотермы сорбции принято в виде [11]:

$$u = u_{mg} \varphi^{a_0 k^\varphi}, \quad (2)$$

где u – равновесное влагосодержание; u_{mg} – максимальное гигроскопическое влагосодержание при данной температуре; φ – относительная влажность воздуха; a_0 и k – безразмерные постоянные, называемые соответственно структурной активностью капиллярно-пористого материала и коэффициентом приращения активности связи.

Т а б л и ц а 1

Вид ткани	Коэффициенты уравнения десорбции		
	u_{mg}	a_0	k
Хлопчатобумажная ткань ($M=295$ г/м ²)	0,19	0,6739	3,649
Шерстяная ткань ($M=400$ г/м ²)	0,27	0,6877	3,626

На основе опытной изотермы десорбции с использованием метода наименьших квадратов определены постоянные уравне-

ния изотермы десорбции (2). В табл. 1 представлены константы уравнения изотермы десорбции для окрашенных тканей при температуре 22°C.

Экспериментальные (●) и расчетные (—) изотермы десорбции паров воды при $T=22^\circ\text{C}$ окрашенными хлопчатобумажной (1) и шерстяной (2) тканями показаны на рис. 3.

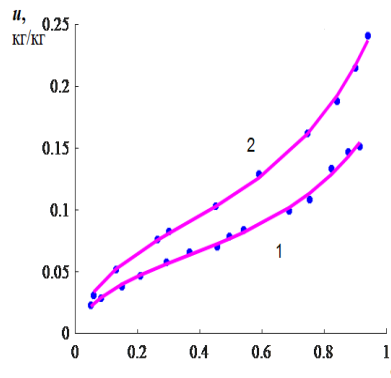


Рис. 3

Задача определения коэффициента проницаемости K_{23} сформулирована на основе прямой краевой задачи для нестационарного нелинейного уравнения влагопроводности. Функция относительной фазовой проницаемости принята равной единице: $\Psi_{23}(\theta)=1$. Зависимость максимального гигроскопического влагосодержания от температуры не учитывается ($u_{mg} \neq u_{mg}(T)$). Постановка задачи включает одномерное уравнение влагопроводности при отсутствии фазовых переходов [1]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a_m \frac{\partial u}{\partial x} \right), t > 0, \quad (3)$$

начальное условие:

$$u = u_0, t = 0, \quad (4)$$

и граничные условия, которые определяются способом наложения ультразвуковых колебаний. Для случая комбинированной сушки образца ткани по схеме, представленной на рис. 1:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0, x = 0, t > 0, \quad (5)$$

$$u = u_{eq}, x = \frac{L}{2}, t > 0. \quad (6)$$

Для случая комбинированной сушки образца ткани по схеме, представленной на рис. 2:

$$a_m \rho_0 \frac{\partial u}{\partial x} = \beta_m (u - u_{eq}), x = 0, t > 0, \quad (7)$$

$$u = u_{eq}, x = L, t > 0. \quad (8)$$

Здесь x – поперечная координата, м; t – время, с; L – толщина ткани, м; u_{eq} –

$$J(K_{23}) = \sum_i \left\{ \frac{u_{av_i}(K_{23}) - u_{av_{exp_i}}}{u_{av_{exp_i}}} \right\}^2 \rightarrow \min; u_{av} = \frac{1}{L} \int_0^L u \, dx. \quad (9)$$

Результаты и обсуждение

Найденные решения для коэффициента проницаемости K_{23} , которые позволяют определять расчетным путем локальные коэффициенты влагопроводности при собственно конвективной сушке, при конвективной сушке, совмещенной с ультразвуковым воздействием, и коэффициент массоотдачи для плотной шерстяной ткани, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Вид ткани	Коэффициент проницаемости K_{23} , м ² / коэффициент массоотдачи β_m , кг/(с·м ²)		
	без УЗ обработки	схема УЗ обработки	
		рис. 1-а	рис. 1-б
Хлопчатобумажная ткань ($M=295$ г/м ²)	$4 \cdot 10^{-21}/-$	$5,6 \cdot 10^{-21}/-$	-
Шерстяная ткань ($M=400$ г/м ²)	$6,6 \cdot 10^{-21}/-$	$6,6 \cdot 10^{-21}/-$	$2 \cdot 10^{-20}/$ $1,3 \cdot 10^{-2}$

На рис. 4...8 представлены кривые кинетики сушки хлопчатобумажной и шерстяной тканей, полученные экспериментально и с помощью численной реализации задачи (1...6) или (1...4, 7...8). Численные расчеты удовлетворительно совпадают с экспериментальными данными. Порядок рассчитанных значений коэффициента влагопроводности совпадает со значениями, полученными зональным методом [5]. На рис. 4 приведены расчетные и опытные данные по

равновесное влагосодержание материала при данных значениях температуры и относительной влажности сушильного агента, кг/кг; ρ_0 – плотность абсолютно сухого материала, кг/м³; β_m – коэффициент массоотдачи кг/(с·м²).

Используя опытные и расчетные зависимости среднего влагосодержания u_{av} от времени, можно получить значения коэффициента проницаемости K_{23} , входящего в формулу (1) как величины, минимизирующей функционал вида:

кинетики сушки для хлопчатобумажной ткани с УЗ и без УЗ воздействия. Кривая кинетики сушки для хлопчатобумажной ткани: (1) - расчетные данные без УЗ, (2) - экспериментальные данные без УЗ; (3) - расчетные данные с УЗ, (4) - экспериментальные данные с УЗ.

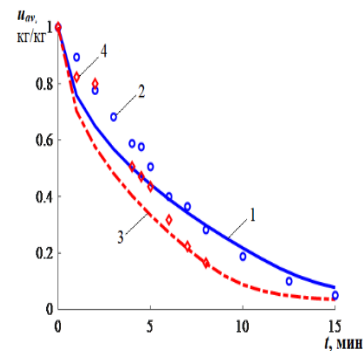


Рис. 4

На рис. 5 и 6 приведены кривые кинетики сушки для шерстяной ткани при схеме УЗ воздействия, соответствующего рис. 1 и рис.2.

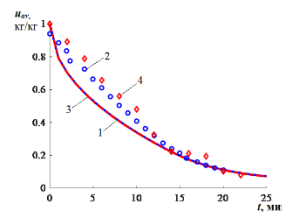


Рис. 5

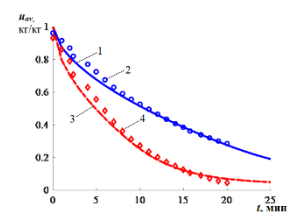


Рис. 6

Рис. 5 соответствует схеме УЗ воздействия, представленной на рис. 1. Рис. 6 соответствует схеме УЗ воздействия, представленной на рис. 2. Частота ультразвуковых колебаний составляет 20 кГц, интенсивность 150 дБ. Кинетика сушки: (1) - расчетные данные без УЗ, (2) - экспериментальные данные без УЗ; (3) - расчетные данные с УЗ, (4) - экспериментальные данные с УЗ.

На рис. 7 показано изменение локальных коэффициентов влагопроводности шерстяной ткани от времени.

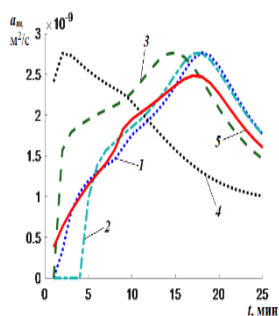


Рис. 7

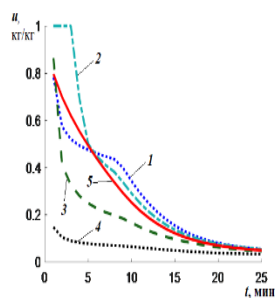


Рис. 8

На рис. 8 представлено изменение влагосодержания шерстяной ткани во времени для шерстяной ткани при схеме УЗ воздействия, соответствующего рис. 2. Отношение поперечной координаты x к толщине ткани L (x/L) равны: 1 – 0,06; 2 – 0,51; 3 – 0,75; 4 – 0,95; 5 – среднее изменение влагосодержания.

Рис. 7 иллюстрирует нелинейный характер изменения во времени коэффициента влагопроводности a_m в различных точках поперечного сечения образца ткани. Коэффициенты a_m возрастают в первом периоде сушки, когда скорость обезвоживания образца велика, как видно из рис. 8. Затем происходит уменьшение значений коэффициента влагопроводности и скорость сушки снижается, что видно из графиков, приведенных на рис. 7 и рис. 8. Продолжительность первого и второго периода сушки в разных точках сечения образца ткани различна. Следует отметить, что коэффициент проницаемости шерстяной ткани выше, чем хлопчатобумажной, но скорость процесса сушки и коэффициент влагопроводности

выше для хлопчатобумажной ткани. Это связано с достаточно существенным влиянием на кинетические коэффициенты свойств изотермы десорбции этих материалов в соответствии с уравнением (1).

Представляет интерес оценка влияния ультразвуковой обработки на длительность процесса сушки. Как видно из зависимостей рис. 3, в условиях конвективной сушки хлопчатобумажной ткани воздействие ультразвуком по схеме, представленной на рис. 1, приводит к сокращению длительности процесса сушки в 1,5 раза. Процесс сушки плотной шерстяной ткани в аналогичных условиях оказывается неэффективным, что видно из рис. 5. Увеличение интенсивности ультразвукового воздействия на ткань за счет приближения излучателя к поверхности ткани по схеме, которая представлена на рис. 2, позволяет интенсифицировать процесс сушки плотной шерстяной ткани, что демонстрирует рис. 6.

Следует отметить, что для проведения кинетических расчетов процесса конвективной сушки плоских текстильных материалов необходимо накопление данных по кинетическим коэффициентам, в том числе влагопроводности, для разных тканей, что позволит оценивать разное интенсифицирующее воздействие на процесс сушки и расширит использование математических методов расчета кинетики сушки [3], [5], [12...14].

ВЫВОДЫ

В ходе проведенных исследований получены локальные коэффициенты влагопроводности для двух видов тканей из хлопкового и шерстяного волокна при конвективной сушке в условиях ультразвукового воздействия. При этом для плотных тканей рассмотрены два режима с наличием и без наличия газового слоя между поверхностью излучателя и поверхностью ткани. Локальный коэффициент влагопереноса определен с помощью вычислительного эксперимента для краевой задачи влагопроводности. Показано, что формула (1) может быть использована для описания кинетики сушки тканей. Коэффициент

влагопроводности является функцией влагосодержания, температуры и проницаемости материала, а также зависит от его сорбционных свойств. Значения кинетических коэффициентов, определенных по предложенной методике, согласуются с результатами, полученными зональным методом для процессов сушки тканей с применением и без применения ультразвука. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании технологических режимов сушки текстильных материалов, в которых используется комбинация классического конвективного метода сушки и ультразвукового воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mujumdar, A.S. Handbook of Industrial Drying. Marcel Dekker: New-York, 1995.
2. Kudra T; Mujumdar A.S. Advanced Drying Technologies. Marcel Dekker: New York, 2007.
3. Kosheleva M.K., Golykh R.N., Novikova T.A., Dorovskikh R.S., Khmelev V.N., Shalunov, A.V. Ultrasonic drying of textile materials // In Proceedings of 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), Erlagol. – 2017. P. 283...289.
4. Luikov A.V. Heat and Mass Transfer in Capillary-Porous Bodies ; Pergamon: Oxford, 1975.
5. Рудобашта С.П., Карташов Э.М. Диффузия в химико-технологических процессах. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: КолосС, 2010.
6. Alifanov O.M. Inverse Heat Transfer Problems. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 1994.
7. Whitaker S. Simultaneous Heat, Mass and Momentum Transfers in Porous Media: A Theory of Drying // Advances of Heat Transfer. – 1977, 13. P. 119...203.
8. Дорняк О.Р. Тепломассоперенос в ненасыщенных коллоидных капиллярно-пористых анизотропных материалах: Дис... докт. техн. наук. – Воронеж: ВГТУ, 2007
9. Kosheleva M.K., Dorniyak O.R., Maklusova M.S. Modeling of kinetics of drying process of polycapramide granules considering its sorption properties // Proceedings 21st International Drying Symposium, València, Spain, September 11-14, – 2018. P. 387...394.
10. Кошелева М.К., Дорняк О.Р., Новикова Т.А. Исследование сорбционных свойств хлопчатобумажных тканей в технологических операциях отделки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, – 2016. № 3. С. 242...246.

11. Цимерманис Л.-Х.Б. Сорбция, структурообразование, массоперенос (термодинамика влажного тела). – М.: Алекс, 2006.

12. Куц П.С., Ольшанский А. И. К вопросу приближенной методики расчета кинетики конвективной сушки плоских материалов // Инженерно-физический журнал. – 1975. Т. 28. №4. С. 19...21.

13. Ольшанский А.И. Исследование процесса сушки плоских влажных материалов методом обобщенных переменных // Инженерно-физический журнал. – 2013. Т.86. №2. С. 66...76

14. Ольшанский А. И., Гусаров А. М. Экспериментальное исследование кинетики сушки тонких плоских влажных материалов методом регулярного режима с использованием обобщенных комплексных переменных // Инженерно-физический журнал. – 2017. Т.90. №3. С. 700...717.

REFERENCES

1. Mujumdar, A.S. Handbook of Industrial Drying. Marcel Dekker: New-York, 1995.
2. Kudra T; Mujumdar A.S. Advanced Drying Technologies. Marcel Dekker: New York, 2007.
3. Kosheleva M.K., Golykh R.N., Novikova T.A., Dorovskikh R.S., Khmelev V.N., Shalunov, A.V. Ultrasonic drying of textile materials // In Proceedings of 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), Erlagol. – 2017. P. 283...289.
4. Luikov A.V. Heat and Mass Transfer in Capillary-Porous Bodies ; Pergamon: Oxford, 1975.
5. Rudobashta S.P., Kartashov E.M. Diffuziya v himiko-tehnologicheskikh processah. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – М.: KolosS, 2010.
6. Alifanov O.M. Inverse Heat Transfer Problems. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 1994.
7. Whitaker S. Simultaneous Heat, Mass and Momentum Transfers in Porous Media: A Theory of Drying // Advances of Heat Transfer. – 1977, 13. P. 119...203.
8. Dorniyak O.R. Teplomassopereenos v nenasyshchennyh kolloidnyh kapillyarno-poristyh anizotropnyh materialah: Dis... dokt. tekhn. nauk. – Voronezh: VGTU, 2007
9. Kosheleva M.K., Dorniyak O.R., Maklusova M.S. Modeling of kinetics of drying process of polycapramide granules considering its sorption properties // Proceedings 21st International Drying Symposium, València, Spain, September 11-14, – 2018. P. 387...394.
10. Kosheleva M.K., Dorniyak O.R., Novikova T.A. Issledovanie sorbcionnyh svoystv hlopchatobumazhnyh tkanej v tekhnologicheskikh operaciyah otdelki // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016. № 3. С. 242...246.

11. Cimermanis L.-H.B. Sorbciya, strukturoobrazovanie, massoperenos (termodinamika vlazhno-go tela). – M.: Aleks, 2006.

12. Kuc P.S., Ol'shanskij A. I. K voprosu priblizhennoj metodiki rascheta kinetiki konvektivnoj sushki ploskih materialov // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. – 1975. T. 28. №4. S. 19...21.

13. Ol'shanskij A.I. Issledovanie processa sushki ploskih vlazhnyh materialov metodom obobshchennyh peremennyh // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. – 2013. T.86. №2. S. 66...76

14. Ol'shanskij A. I., Gusarov A. M. Eksperimental'noe issledovanie kinetiki sushki tonkih ploskih vlazhnyh materialov metodom regul'yarnogo rezhima s ispol'zovaniem obobshchennyh kompleksnyh peremennyh // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. – 2017. T.90. №3. S. 700...717.

Рекомендована кафедрой энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 15.06.22.

УДК 677.057+614.8

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_229

**ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИТОЖИДКОСТНОГО УПЛОТНЕНИЯ
НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**PERFORMANCE CHARACTERISTICS STUDY
OF THE COMBINED MAGNETIC-LIQUID
PUMPING EQUIPMENT SEALING**

А.П. СИЗОВ, М.А. КОЛБАШОВ, В.А. КОМЕЛЬКОВ, О.Г. ЦИРКИНА, А.Х. САЛИХОВА

A.P. SIZOV, M.A. KOLBASHOV, V.A. KOMELKOV, O.G. TSIRKINA, A.KH. SALIKHOVA

(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: kafppv@mai.lru; kolbashov@mail.ru; komelkov@rambler.ru; ogtsirkina@mail.ru; salina_77@mail.ru

Исследование посвящено изучению эксплуатационных характеристик разработанного комбинированного магнитожидкостного уплотнения для насосов, применяемых при подаче жидких сред, в том числе в технологические аппараты и поточные линии отделочного производства текстильной отрасли промышленности. Приведена методика изучения основных эксплуатационных характеристик комбинированного магнитожидкостного уплотнения и экспериментальный стенд, с помощью которого определялись моменты трения при использовании различных магнитных жидкостей и поведение набивки при различных условиях эксплуатации. В ходе экспериментального исследования выявлено, что надежность и долговечность работы насосного оборудования, герметизированного с использованием магнитожидкостного уплотнителя, зависит от состава магнитной жидкости; качества подготовки трущихся поверхностей (шероховатости); а также величин магнитной индукции, контактного усилия и скорости скольжения. Результатом проведенной работы явилось усовершенствование комбинированного магнитожидкостного уплотнения, которое может быть использовано в насосном оборудовании отделочного производства текстильной отрасли, а также в химической промышленности в целом.

The article is devoted to the study of the combined magnetic fluid seal performance characteristics for pumps used in the supply of liquid media, including technological devices and flow lines of finishing production in the textile industry. A

method for studying the main operational characteristics of a combined magnetic-liquid seal and an experimental stand for determining the frictional moment, used to determine the frictional moment when using various magnetic fluids and the behavior of the packing behavior under various operating conditions, are presented. In the course of the experimental study it was revealed that the reliability and durability of the pumping equipment, hermetically sealed with the magnetic fluid sealant, depends on the composition of the magnetic fluid; the quality of rubbing surfaces (roughness) preparation; as well as the values of magnetic induction, contact force and sliding speed. The result of this work was the development of a combined magnetic-liquid seal, which can be used in pumping equipment of the finishing production of the textile industry, as well as in the chemical industry in general.

Ключевые слова: насосное оборудование, герметичность уплотнения, комбинированное магнитожидкостное уплотнение, смазочный материал, момент трения, шероховатость поверхности, магнитная индукция, скорость скольжения.

Keywords: pumping equipment, seal tightness, combined magnetic-liquid seal, lubricant, frictional moment, surface roughness, magnetic induction, sliding speed.

Введение

Производственный цикл изготовления текстильных материалов состоит из трех этапов. Заключительным этапом получения текстильного полотна является отделочное производство, которое включает разнообразные физико-механические и химические технологические процессы, в результате чего из суровья получают готовую ткань, соответствующую своему назначению по структуре и внешнему виду. Отделка ткани в глубоком смысле этого понятия заключается в следующих процессах: подготовка к колорированию, крашение, печатание и заключительные операции облагораживания тканей. Перечисленные процессы связаны с применением различных растворов кислот, щелочей, солей металлов, органических соединений и широким спектром технологических растворов и составов для обработки волокон или тканей. Спецификой отделочного производства является возможность организации технологических процессов, как по периодической, так и по непрерывной схеме, каждая из которых требует постоянной и равномерной подачи растворов различного химического состава.

При реализации процессов отделочного производства, связанных с «мокрой» обработкой материалов, для обеспечения пода-

чи жидких технологических сред в состав схем оборудования обязательно включены насосы и насосные агрегаты, которые должны соответствовать требованиям безопасности национальных стандартов, действующих нормативных документов на оборудование конкретного типа с учетом области их применения. Конструкция насосов и насосных агрегатов должна соответствовать уровню степени риска при эксплуатации, т.е. должны быть исключены факторы пожарной опасности и токсического воздействия на персонал производственных цехов при утечке технологических растворов.

Насосное оборудование выбирается, исходя из свойств подаваемого продукта, его вязкости, химического состава и температуры. Материалы, из которых выполнен насос, должны быть полностью совместимы: важно грамотно подобрать материалы корпуса и торцевые уплотнения для обеспечения бесперебойной работы производства в течение длительного срока. Немаловажную роль при этом играет материал уплотнителей. В технике широко применяются сальниковые уплотнения, используемые для герметизации различных соединений, в том числе вращающихся валов. Основным недостатком таких уплот-

нений является износ сальниковой набивки и вследствие этого потеря герметичности уплотнения. Такой тип герметизации валов используется в насосах консольного типа, широко распространенных в текстильной промышленности.

Для исключения недостатков традиционных уплотнителей в представленной работе предложено использовать комбинированное магнитожидкостное уплотнение (МЖУ), которое позволяет объединить в себе достоинства традиционных и магнитожидкостных уплотнений.

Создание новых конструкций магнитожидкостного уплотнения связано с изучением свойств магнитной системы, распределением магнитного поля, технологических вопросов изготовления МЖУ, поэтому представленная работа является актуальной [1].

Основой МЖУ является ферромагнитная жидкость, представляющая собой коллоидную систему, из ферромагнитных частиц нанометровых размеров, находящихся во взвешенном состоянии в несущей жидкости, в качестве которой обычно выступает органический растворитель или вода. Для обеспечения устойчивости такой жидкости ферромагнитные частицы связываются с поверхностно-активным веществом, образующим защитную оболочку вокруг частиц и препятствующем их слипанию из-за ван-дер-ваальсовых или магнитных сил [2], [3].

Методы

С целью изучения основных эксплуатационных характеристик комбинированного магнитожидкостного уплотнения использовался экспериментальный стенд для определения момента трения (рис. 1). С помощью установки определяются: частота вращения уплотняемого вала, уплотнительная среда, температура уплотняемой среды, поведение набивки при эксплуатации.

Экспериментальная установка представляет из себя следующую конструкцию. На лабораторном столе устанавливается плита 1. В плите 1 закрепляется подшипниковый узел, состоящий из подшипникового стакана и установленными в нем подшипниками качения для вала 3. На валу 3

монтируется приводной двигатель 4, который соединяется с валом с помощью соединительной муфты 5. Частота вращения вала измеряется с помощью тахометра, для выполнения этой цели на валу установлен диск 6. Частоту световых импульсов при перемещении диска измеряет датчик 7.

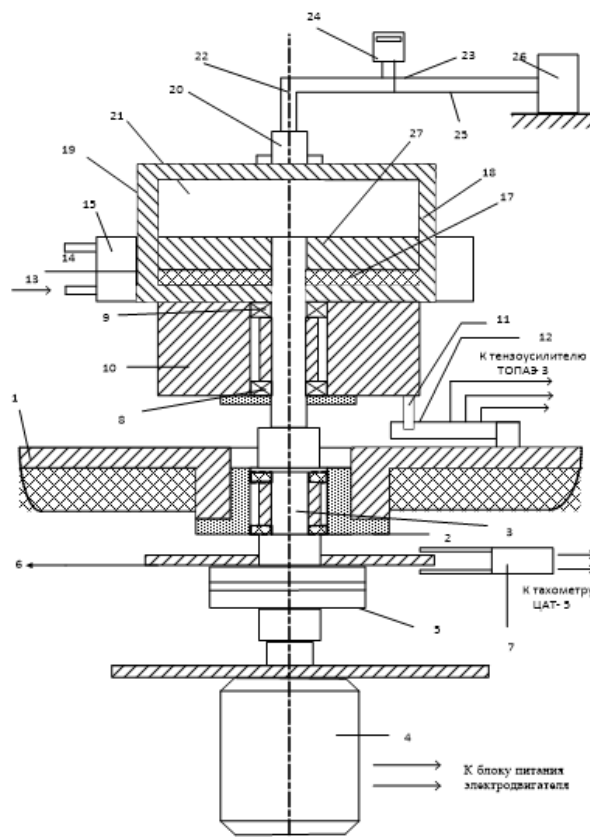


Рис. 1

Для измерения момента трения в паре вращающийся вал и сальниковое уплотнение имеют корпус, состоящий из подшипников качения 8 и 9, установленных на вращающемся валу. За счет этого с помощью тензобалки 11 и 12 на корпус 10 передается момент трения. Для создания различных температур в сальнике используется термостат, состоящий из корпуса подводящих жидкость штуцеров 13, 14, 15, внутри которых протекает жидкость 16 от внешнего термостата. Испытуемый сальник 17 помещается в корпус 18, состоящий из крышки 19, на которой помещен штуцер 20, для воздействия на уплотняемую среду 21 давлением воздуха по трубопроводу 22. Давление фиксируется через соединение 23 манометром 24. Давление воздуха подается

через кран 25 от насоса 26. При этом испытуемый сальник фиксируется в корпусе кольцом 27 [3].

Результаты и обсуждения

В результате проведения экспериментальных исследований отмечено, что увеличение герметичности комбинированного магнитожидкостного уплотнения происходит за счет сжатия волокон материала набивки, одновременно с этим возрастает усилие прижатия набивки к поверхности втулки, следствием чего является выделение из набивки смазочного материала. При использовании магнитной жидкости в качестве смазки ее структура и свойства, а также наличие магнитного поля могут оказывать значительное влияние на процесс трения за счет образования в области трения пленки смазочного материала, которая может значительно уменьшить непосредственный контакт трущихся поверхностей.

Оценка смазочных свойств какой-либо среды может быть произведена путем измерения момента трения и износа при трении образцов. На основании теории трения в

паре эластомер (набивка) – металл установлено, что основное влияние на процесс трения оказывает ряд факторов: шероховатость металлического элемента, входящего в пару трения; контактное усилие в паре трения; скорость скольжения; природа смазочного материала; магнитная индукция в области трения (для случая трения в присутствии магнитной жидкости) [4].

В представленной работе в качестве смазочного материала применялся ряд магнитных жидкостей (МЖ), отличающихся по своим свойствам. При проведении экспериментов использовались магнитные жидкости на основе полиэтилсилоксана (ПЭС-5) с различными магнитными наполнителями. Магнитной фазой в этих жидкостях являлось карбонильное железо, магнетит, и их смесь. Характеристики МЖ приведены в табл. 1.

Эксперименты проводились при трех различных обработках поверхности твердого тела трения, соответствующих различным шероховатостям поверхности (R_z): $R_z = 8,5$ мкм; $R_z = 2,6$ мкм; $R_z = 0,6$ мкм.

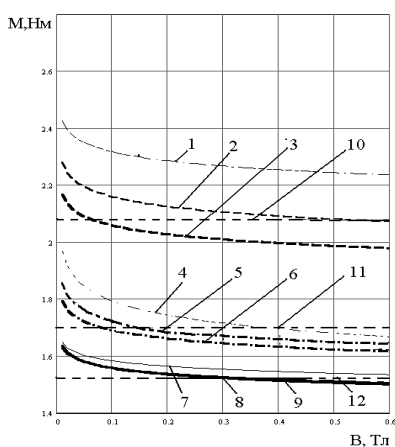


Рис. 2

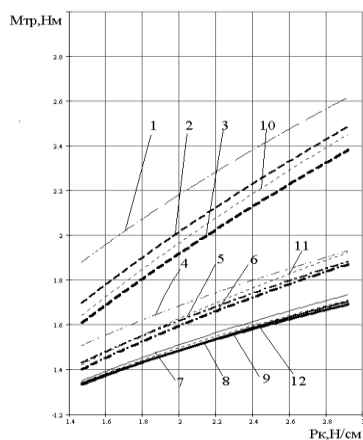


Рис. 3

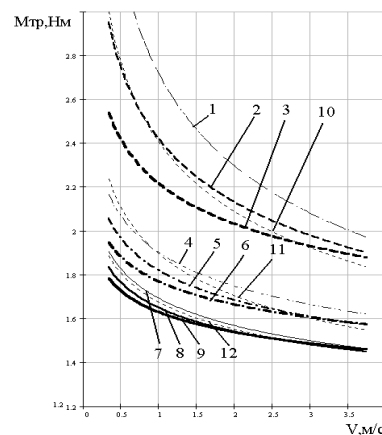


Рис. 4

Данные, приведенные на рис. 2, 3 и 4, получены при скорости вращения вала $V=2,04$ м/с. На указанных рисунках приняты единые обозначения: 1 – МЖ на магнетите, $R_z=8,5$ мкм; 2 – МЖ на магнетите и железе, $R_z=8,5$ мкм; 3 – МЖ на железе, $R_z=8,5$ мкм; 4 – МЖ на магнетите, $R_z=2,5$ мкм; 5 – МЖ на магнетите и железе, $R_z=2,5$

мкм; 6 – МЖ на железе, $R_z=2,5$ мкм; 7 – МЖ на железе, $R_z=0,6$ мкм; 8 – МЖ на магнетите и железе, $R_z=0,6$ мкм; 9 – МЖ на железе, $R_z=0,6$ мкм; 10 – ПЭС - 5 без магнитного наполнителя, $R_z=8,5$ мкм; 11 – ПЭС - 5 без магнитного наполнителя, $R_z=2,6$ мкм; 12 – ПЭС - 5 без магнитного наполнителя, $R_z=0,6$ мкм.

№	Состав магнитной фазы %		Жидкость - носитель	Намагниченность насыщения, кА/м	Вязкость, Па с	Плотность, г/см ³
	магнетит	карбонильное железо				
1	25		ПЭС-5	не ниже 26	0,5...1	0,98
2	8	17	ПЭС-5	не ниже 25	0,5...1	0,98
3	-	25	ПЭС-5	не ниже 21	1...1,5	0,98
4	-	-	ПЭС-5	-	0,5...0,8	

На рис. 2 представлены зависимости момента трения (M) от величины магнитной индукции (B) для различных МЖ при различной шероховатости твердой поверхности трения. Из представленных данных видно, что во всех случаях имеет место снижение момента трения при росте магнитной индукции с 0 до 0,6 Тл и при повышении качества обработки поверхности.

На рис. 3 представлены зависимости момента трения от контактного усилия (P_k) для различных магнитных жидкостей при магнитной индукции $B = 0,2$ Тл. Отмечено, что для всех случаев с увеличением P_k наблюдается возрастание момента трения. При увеличении качества обработки поверхности твердого тела до $R_z = 2,5$ мкм и $R_z = 0,6$ мкм характер кривых момента трения изменяется. Величины моментов трения для МЖ «карбонильное железо + магнетит» и МЖ с карбонильным железом имеют практически одинаковые значения, что свидетельствует о снижении влияния на процесс трения магнитного наполнителя магнитной жидкости. Такой характер кривых может быть обусловлен «срезанием» агломераций магнитного наполнителя с вершин микронеровностей и его перемещении во впадины, следствием чего является выравнивание трущихся поверхностей [5...7].

На рис. 4 представлены кривые зависимости момента трения от скорости скольжения при величине контактного усилия $P_k = 2,203$ Н/см. Во всех случаях при увеличении скорости скольжения (V) имеет место уменьшение момента трения (M), что может свидетельствовать о переходе к упругогидродинамическому режиму трения [8].

ВЫВОДЫ

В ходе экспериментального исследования выявлено, что надежность и долговечность работы насосного оборудования, герметизированного с использованием магнитожидкостного уплотнителя, зависит от состава магнитной жидкости; качества подготовки трущихся поверхностей (шероховатости); а также величин магнитной индукции, контактного усилия и скорости скольжения. На основании проведенных исследований установлено, что в магнитном поле наличие магнитного наполнителя позволяет снизить момент трения на 3...10%. С увеличением магнитной индукции для магнитных жидкостей с различными магнитными наполнителями наблюдается уменьшение момента трения на 6...8%. С возрастанием скорости скольжения снижается влияние на величину момента трения магнитного наполнителя.

Результатом проведенной работы явилось усовершенствование комбинированного магнитожидкостного уплотнения, которое может быть использовано в насосном оборудовании, применяемом в отделочном производстве текстильной отрасли, а также в химической промышленности в целом. МЖУ и традиционное сальниковое уплотнение объединяется в одну конструкцию, в которой магнитная жидкость сохраняется в рабочем зазоре. Одновременно с этим в качестве смазки торцевого уплотнения также используется магнитная жидкость. Магнитожидкостное уплотнение устанавливается таким образом, чтобы магнитная жидкость находилась в зоне трения. Оптимальными эксплуатационными характеристиками обладает МЖУ с металлокерамической втул-

кой, за счет чего значительно расширяется область его применения для герметизации жидких сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kobozev M.A., Simonovskii A.Ya. Formation rate of vapor bubbles in magnetic fluid boiling at a single vaporization center: measuring technique and experimental setup // *Technical Physics*. – Vol. 52 (2007), №11, P. 1422...1428.

2. Yanovskiy A.A., Simonovsky A.Ya., Kholopov V.L., Chuenkova I.Yu. Heat transfer in boiling magnetic fluid in a magnetic field. *Solid State Phenomena*. – Vol.233...234 (2015). P. 339...343.

3. Орлов Д.В., Михалев Ю.О., Мышкин Н.К. и др. Магнитные жидкости в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1993.

4. Сизов А.П., Комельков В.А., Колбашов М.А. и др. Разработка стенда для испытаний уплотнительного устройства водяного насоса // *Современные проблемы гражданской защиты*. – 2020, № 2(35). С.86...90.

5. Сизов А.П., Топоров А.В., Палин Д.Ю. и др. Разработка конструкции комбинированного магнито-жидкостного уплотнения для подшипниковых узлов текстильных машин // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2019, № 6. С.208...212.

6. Топоров А.В., Киселев В.В., Покровский А.А., Легкова И.А., Иванов В.Е. Исследование процессов работы комбинированных магнито-жидкостных уплотнений механических приводов // *Интернет-журнал Науковедение*. – 2017. Т. 9. № 5. С. 9.

7. Arefyev I.M., Demidenko O.V., Saikin M.S. Assessment of magnetic fluid stability in nonhomogeneous magnetic field of a single-tooth magnetic fluid sealer // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2017. V. 431. P. 20...23.

8. Хебда М., Чичинадзе А.В. Справочник по триботехнике. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989.

REFERENCES

1. Kobozev M.A., Simonovskii A.Ya. Formation rate of vapor bubbles in magnetic fluid boiling at a single vaporization center: measuring technique and experimental setup // *Technical Physics*. – Vol. 52 (2007), №11, P. 1422...1428.

2. Yanovskiy A.A., Simonovsky A.Ya., Kholopov V.L., Chuenkova I.Yu. Heat transfer in boiling magnetic fluid in a magnetic field. *Solid State Phenomena*. – Vol.233...234 (2015). P. 339...343.

3. Orlov D.V., Mihalev YU.O., Myshkin N.K. i dr. *Magnitnye zhidkosti v mashinostroenii*. – M.: Mashinostroenie, 1993.

4. Sizov A.P., Komel'kov V.A., Kolbashov M.A. i dr. *Razrabotka stenda dlya ispytaniy uplotni-tel'nogo ustrojstva vodyanogo nasosa* // *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*. – 2020, № 2(35). S.86...90.

5. Sizov A.P., Toporov A.V., Palin D.YU. i dr. *Razrabotka konstrukcii kombinirovannogo magnito-zhidkostnogo uplotneniya dlya podshipnikovyh uzlov tekstil'nyh mashin* // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2019, № 6. S.208...212.

6. Toporov A.V., Kiselev V.V., Pokrovskij A.A., Legkova I.A., Ivanov V.E. *Issledovanie processov raboty kombinirovannyh magnitozhidkostnyh uplotnenij mekhanicheskikh privodov* // *Internet-zhurnal Naukovedenie*. – 2017. T. 9. № 5. S. 9.

7. Arefyev I.M., Demidenko O.V., Saikin M.S. Assessment of magnetic fluid stability in nonhomogeneous magnetic field of a single-tooth magnetic fluid sealer // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2017. V. 431. P. 20...23.

8. Hebda M., Chichinadze A.V. *Spravochnik po tribotekhnike. Teoreticheskie osnovy*. – M.: Mashinostroenie, 1989.

Рекомендована кафедрой пожарной безопасности объектов защиты. Поступила 01.12.21.

УДК 687/016:502(045)

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_235

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФАЗ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ МОТИВОВ
И РАЗВИТИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОСТЮМА**

**IDENTIFICATION OF DEPENDENCIES OF NATURAL MOTIF TRANSFORMATION
PHASES AND DEVELOPMENT
OF THE COSTUME GEOMETRIC STRUCTURE**

Т.В. БЕЛКО

T. V. BELKO

(Поволжский государственный университет сервиса)

(Volga Region State University of Service)

E-mail: belko@tolgas.ru

На основе анализа исторических и современных костюмов выявлены различные фазы трансформации природной формы в костюме, разработана графическая модель пространственно-временного преобразования природного мотива в костюме.

Based on the analysis of historical and modern costumes, various phases of transformation of the natural form in the costume are identified, and a graphical model of the spatial-temporal transformation of the natural motif into a costume is developed.

Ключевые слова: бионика, бионическое формообразование костюма, природные мотивы в костюме.

Keywords: bionics, bionic shaping of the costume, natural motifs in the costume.

Преобразование природных мотивов в костюме XX - начала XXI веков, по сравнению с предшествующими эпохами образной стилизации и копирования, имеет качественно иной уровень проектно-аналитического решения [1]. Природная форма рассматривается не только как объект эстетического вдохновения, но и как пример

структурно-функционального копирования формы и свойств поверхностей (материала). В любом творческом процессе, и особенно при бионическом проектировании костюма, необходима определенная степень художественного, структурного обобщения явлений объективного мира. Путь преобразования природных форм в

формы костюма имеет специфические особенности. Костюм, являясь объемно-пространственной структурой, морфологически приспособленной к форме человеческого тела, не может быть механической копией природного аналога. Дизайнер, работая над поиском новых форм в костюме, выражает свою мысль не через конкретное изображение, а опосредованно, через эмоциональные ассоциации, основанные на наблюдении, а затем – тектоническом анализе природной формы, структурных особенностях организации элементов формы. Тектонический и геометрический анализ форм природы и костюма позволяет получить модель, которая выявляет систему возможных преобразований формы, то есть ее вариативность.

Целью исследования является выявление закономерностей в вариациях и разнообразии интерпретаций природных образов в процессе изменения геометрических структур костюма (модных циклов).

Анализ исторических костюмов, включая и костюмы XX - начала XXI веков, выявил семь фаз трансформации природной формы в костюме.

1. Непосредственное использование природных элементов – живых цветов, перьев, меха и т.п., предполагает механическое перенесение их в костюм зачастую лишь ради оригинальности и выразительности образа модели, без серьезного учета функциональных требований, материальных затрат. Этот этап претендует часто на миссию революционизации застоявшихся эстетических вкусов [2]. И тогда модельеры на подиуме устраивают "бал" из перьев и цветов. Подобные костюмы призваны нести собой образный символ модной тенденции силуэта, цвета, фактуры. Сюрреализм, как художественное направление искусства XX века, сыграло немаловажную роль в формировании "эстетики" эпатажа высокой моды.

2. Копирование природных форм из различных материалов предполагает воплощение внешних признаков природных форм. Точное повторение природной формы в материале характерно для всех этапов истории костюма. Прототипы биологических

объектов чаще всего фиксируют внимание на определенных структурных уровнях костюма, а также выполняют функцию декоративной отделки.

3. Имитация биоформ (банты, декоративные узлы и переплетения и т.п.) заключается в подражании отдельных тектонических свойств природной формы. Но этот принцип нельзя назвать копированием, так как имитация – это первый шаг, начальный этап бионического анализа формы, обусловленный сложностью задач, отсутствием теории и преобладания эмпирических навыков формообразования костюма. В этом случае модели одежды (ее детали) по сравнению с живой природой "несовершенны" с точки зрения соответствия функции и формы.

4. Бионичность силуэта – это логичность формы, изящество движений и поз, криволинейность пространственной формы костюма, плавность линий и одновременно их острота и т.п. И эти признаки силуэта формы костюма должны действовать вместе и одновременно, только тогда мы сможем увидеть специфику природной пластики в силуэте и образе костюма.

5. Рисунок на ткани, вышивка по мотивам живой природы использовались в костюмах различных исторических эпох: от простого копирования природных форм, стилизации до геометризации пластического образа этих форм и их символического изображения [3].

6. Имитация биофактур. Использование тканей, передающих фактуру природных поверхностей, особо широко получило свое применение с появлением синтетических и искусственных материалов, когда стало возможным имитировать "кожу" биологических объектов благодаря открытиям в различных отраслях науки и техники [4].

7. Бионическое формообразование костюма, как результат синтеза логического анализа и построения, поиска свойств формы и структурно-функциональных закономерностей. Наиболее ярко и широко этот метод проявляется на этапе макетирования при создании новых конструкций костюма.

Таким образом, выявлены основные уровни преобразования природной формы, основанные на различных методах анализа природной формы, включая непосредственное копирование и стилизацию контура (силуэта) и фактур, творческую интерпретацию тектонических характеристик формы и выявление геометрических структур организации этой формы в пространстве.

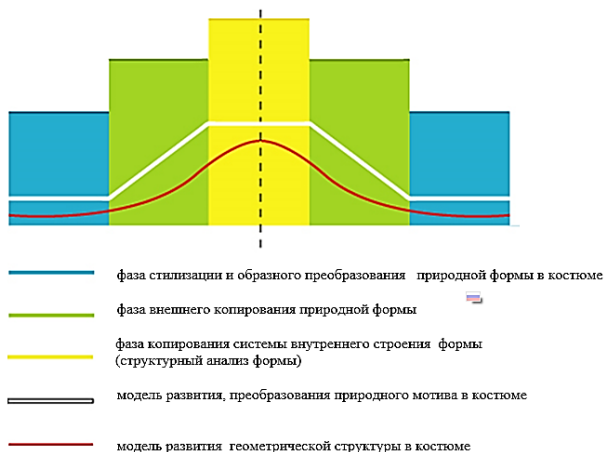


Рис. 1

Графическая модель пространственно-временного преобразования природного мотива в костюме (рис. 1) выявляет зависимость фаз природной формы в костюме от развития геометрической структуры костюма следующим образом:

– в период стабилизации геометрической структуры костюма преобразование природной формы происходит на уровне копирования внутреннего строения, структуры организации и функционирования формы в пространстве (бионическое формообразование);

– в период развития геометрической структуры костюма преобразование природной формы в костюме происходит на уровне внешнего копирования тектонических приемов формообразования (силуэтная пластика и фактура);

– в период разрушения геометрической структуры костюма преобразование природной формы в костюме происходит на уровне стилизации и образного копирования.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено 7 фаз преобразования природной формы в костюме, основанных на различных методах анализа природной формы – структурно-геометрического, функционального, тектонического.

2. Выявлена прямая зависимость фаз преобразования природной формы в костюме от развития геометрической структуры костюма.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белько Т.В.* Бионические принципы формообразования костюма: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2006.
2. *Белько Т.В.* К вопросу об установлении гармоничных отношений между природой и индустрией моды // Швейная промышленность. – 2005, № 6. С.14...16.
3. *Белько Т.В.* Природа. Искусство. Дизайн. – Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т сервиса, 2008.
4. *Белько Т.В.* Инновации и биотехнологии в модной индустрии. – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2017.

REFERENCES

1. Bel'ko T.V. Bionicheskie principy formoobrazovaniya kostyuma: Dis.... dokt. tekhn. nauk. – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2006.
2. Bel'ko T.V. K voprosu ob ustanovlenii garmonichnyh otnoshenij mezhdu prirodoj i industriej mody // SHvejnaya promyshlennost'. – 2005, № 6. S.14...16.
3. Bel'ko T.V. Priroda. Iskusstvo. Dizajn. – Tol'yatti: Tol'yattinskij gos. un-t servisa, 2008.
4. Bel'ko T.V. Innovacii i biotekhnologii v modnoj industrii. – Tol'yatti : Izd-vo PVGUS, 2017.

Рекомендована научно-техническим советом.
 Поступила 10.06.22.

**АНАЛИЗ ОБРАЗОВ ЧЕЛОВЕКА
В ДИЗАЙНЕ РЕКЛАМНЫХ ПЛАКАТОВ (2013 - 2020 гг.)**

**ANALYSIS OF HUMAN IMAGES
IN THE DESIGN OF ADVERTISING POSTERS (2013 - 2020)**

М. М. ГАЛКИНА, Т.Л. МАКАРОВА

M. M. GALKINA, T.L. MAKAROVA

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

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

E-mail: 2710tln@list.ru

В статье представлено исследование на тему образа человека в дизайне рекламных плакатов (2013 - 2020 гг.). Выделены и проанализированы самые яркие образы человека в дизайне рекламного плаката.

The article presents a study of human image in the design of advertising posters (2013 - 2020). The brightest human images in the design of an advertising poster are highlighted and analyzed.

Ключевые слова: образ человека, дизайн плаката, рекламный плакат, дизайн рекламного плаката.

Keywords: human image, poster design, advertising poster, advertising poster design.

Актуальность исследования обусловлена тем, что образ человека в рекламе популярен на протяжении исследуемого периода: яркий образ акцентирует внимание на рекламируемых товарах, услугах, идеях [1...6].

Цель: изучение наиболее ярких образов человека в дизайне рекламных плакатов за период 2013 - 2017 гг. Один из наиболее часто встречающихся образов человека в рекламе за период 2013 - 2017 гг. – это образ элемента тела человека. Например, в рекламе изображена рука или ухо, нога или глаз, и каждый из этих элементов подразумевает под собой человека и подчеркивает, для чего потребителю нужен рекламируемый товар. Ухо – что-то слушать (наушники), ноги – бегать (кроссовки), палец – нажимать (на кнопки телефона) и так далее. Однако это правило не распространяется на

социальную рекламу: там элемент тела человека акцентирует внимание на проблеме, связанной с ним: эти темы могут быть связаны со здоровьем определенного органа, противодействием насилию и прочим.

Обратим внимание на такой феномен, как олицетворение и персонификация элементов тела человека в рекламе. "Олицетворение – наделение неодушевленных объектов свойствами..." живых существ [7]. Полное уподобление человеку – персонификация [7]. М. И. Никитин считает персонификацию высшей формой олицетворения и предлагает термин "витализация": движение от неживого к живому и разумному, во имя большей выразительности коммуникации [7]. Рассмотрим примеры самых ярких образов человека по годам.

2013 г. Провокационный образ головы человека в социальной рекламе: акцентиру-

ется проблема отсутствия шлема у мотоциклистов. Надпись "100% смертельный шлем": изображен шлем, лежащий на песке.

2014 г. Реклама ухаживающего средства для мужчин: скомбинированы образы части тела (мужской лоб) и ребенка, который развлекается, "зависая" на морщинах. Юмористическая подача рекламы (рис. 1).

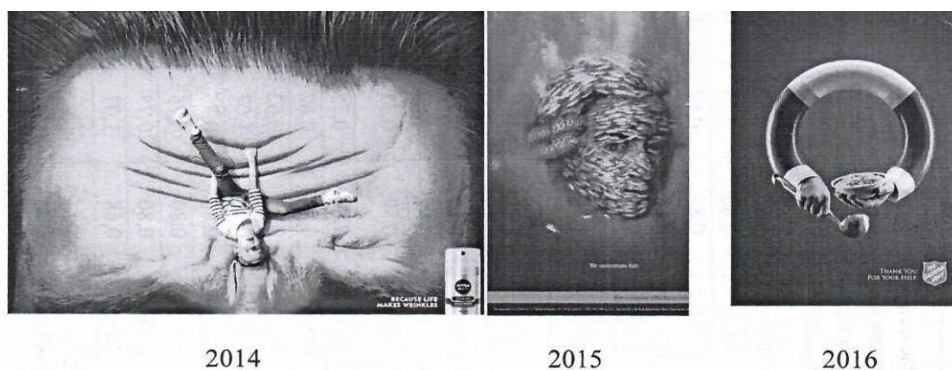


Рис. 1

2016 г. Социальная реклама о руках помощи. Интересный, позитивный образ, где читается символ спасательного круга, совмещенный с руками, которые кормят тех, кто в этом нуждается. Понятная метафора в лаконичном исполнении. Отличный пример образа элемента тела как символ человека, который дарит свою заботу (рис. 1).

2017 г. Реклама аудио-книг. Образ уха, замаскированный под Колизей: вы погружаетесь в историю целиком и переноситесь в место событий, слушая книги (рис. 2 – элементы тела человека в рекламном плакате: реклама аудиокниг: ухо (2017) [8], реклама автомобильной компании Ситроен, 2017 г. [8]).

2015 г. Реклама французского рыбного ресторана со слоганом "Мы дирижируем рыбе": образ головы великого композитора Моцарта, собранный из стайки рыб в океане. Необычная техника исполнения, однако лицо отчетливо читается в данной рекламе (рис. 1 – актуальные образы человека: ребенок на фоне лба человека (2014), лицо человека из рыбок (2015), руки (2016) [8]).

2018 г. В рекламном образе к телу человека добавлены образы элементов тела животных: авиалинии Эквадора рекламируют авиаперелеты через образные крылья за спиной людей, символизирующие то, что они увидят в Эквадоре: корабли, природу, памятники (рис. 3).



Рис. 2



Рис. 3

2019 г. Руки больного ребенка и женщины, которая о нем заботится (рис. 3 – образы человека: авиалинии Эквадора [9], человек с крыльями; фонд "Подарок Ангелу" [10], руки; "Лада Веста", образ невесты [11]). Именно образ рук, как и образ лица, является самым популярным за исследованный период. Руки – символ творчества, поддержки, "делания".

2020 г. Игра слов: "Веста и Не Веста": образ человека сравнивают с образом автомобиля, агитируя выбрать автомобиль (рис. 3). Реклама интересна, но содержит обесценивание человека, если смотреть глубже.

Образ элемента тела человека как символ человека встречается в дизайне рекламного плаката на протяжении многих лет, тенденция сохраняется и в настоящее время. Данный символ человека является универсальным для любого типа рекламы. Если нужно что-то продать, то реклама будет сфокусирована на этой детали: украшения на руке, наушники в ушах, обувь на ногах и т. д. Когда необходимо обратить внимание на социальные проблемы, через образ будут показаны забота (обнимающие руки) или насилие и жестокость (ссадины или порезы на части тела).

Элементы тела человека могут быть самостоятельными персонажами в рекламе, которые рассказывают свою историю без привязки к конкретной символике. Например, образ пальца-гангстера: ваши пальцы – враги, когда вы печатаете смс-ки за рулем, это опасно! Образ пальца-гангстера, представленного в роли самостоятельного персонажа, раскрывает данную проблематику (рис. 2). На нем надеты шляпа и костюм, он держит оружие, у пальца нет "выражения лица", но образ опасности передан отлично.

ВЫВОДЫ

1. Выделены и проанализированы самые яркие образы человека в дизайне рекламного плаката за 2013 - 2020 гг. Установлено: палитра образа обширна и удобна для рекламы. Например, демонстрация выду-

манного персонажа или звезды шоу-бизнеса отвлекает внимание от рекламируемого объекта (образ-вампир). В то же время "безликий" элемент тела человека, показанный крупным планом или являющийся ключевым образом плаката, выполняет функцию "зрительного стоппера", привлекает внимание именно к рекламируемому объекту. Стопперы помогают, акцентируют внимание на рекламируемом товаре, сообщении. Именно поэтому потребителю привычно видеть в рекламе витаминов здоровую кожу и волосы, например.

3. Существует опасность обесценивания (образа) человека, так как в ряде рекламных плакатов человек опредмечивается, либо совсем обесценивается по сравнению с предметом. Этого следует избегать: такая трансляция ценностей молодому поколению наносит вред характеру личности, а "характер – это судьба", как говорили еще в древности.

4. Полученные результаты являются частью исследования по теме и их можно использовать в проектировании новых рекламных плакатов, они уже внедрены в учебный процесс в магистратуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Информационные технологии в создании образа PR-мероприятий в индустрии моды (2006-2009 гг.) Декоративное искусство и предметно-пространственная среда // Вестник МГХПА. – 2019, № 1-2. С. 314...321.
2. Галкина М. М., Макарова Т. Л. Анализ рекламы товаров для женщин с участием американских актрис (1930 - 2016 гг.) Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности // Мат. докл. Междунар. научн.-техн. конф., посвященной Году науки, 21-22 ноября 2017 года. – Витебск: УО "ВГТУ". С. 108...112..
3. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Промороботы: функции и опыт применения на выставках и других мероприятиях // Мат. докл. Междунар. научн.-техн. конф.: Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности. Витебский государственный технологический университет. – 2015. С.234...236.
4. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Выставки литературы, дизайна и рекламы в 2014 - 2015 гг.: лучшее в дизайне, технологиях и маркетинговых коммуникациях // Маркетинговые коммуникации – 2015, № 4 (88). С. 244...256.

5. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Актуальные символы в дизайне и рекламе современного костюма // Дизайн и технологии. – 2016, № 55 (97). С.19...27.

6. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Медiateхнологии в реализации образовательных программ магистратуры социально-гуманитарного профиля – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2020.

7. Никитин М. И. Использование приема олицетворения в современной рекламе // Реклама. Теория и практика. – 2010, № 03 (39). С. 168...178.

8. Каталог рекламы по годам: [Электронный ресурс] - <http://www.advertology.ru/>

9. Рекламные постеры компании Tame Ecuador Airlines [Электронный ресурс] - <https://bugaga.ru/picturesZl146724759-reklamnye-postery-kompanii-tame-ecuador-airlines.html>

10. Итоги года 2019: эксперты и читатели Sostav определили лучшую рекламу года [Электронный ресурс] - <https://www.sostav.ru/publication/itogi-goda-2019-eksperty-i-chitateli-sostav-opredelili-luchshuyu-reklamu-goda-41197.html>

11. 20 лучших рекламных кампаний 2020 года [Электронный ресурс] - <https://www.unisender.com/ru/blog/idei/2020-campaigns/>

REFERENCES

1. Makarova T. L., Makarov S. L. Informacionnye tekhnologii v sozdanii obraza PR-meropriyatij v industrii mody (2006-2009 gg.) Dekorativnoe iskusstvo i predmetno-prostranstvennaya sreda // Vestnik MGHPA. – 2019, № 1-2. S. 314...321.

2. Galkina M. M., Makarova T.L. Analiz reklamy tovarov dlya zhenshchin s uchastiem amerikanskih aktris (1930 - 2016 gg.) Innovacionnye tekhnologii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti // Mat. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf., posvyashchennoj

Godu nauki, 21-22 noyabrya 2017 goda. – Vitebsk: UO "VGTU". S. 108...112..

3. Makarova T.L., Makarov S.L. Promoroboty: funkcii i opyt primeneniya na vystavkah i drugih meropriyatiyah // Mat. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Novoe v tekhnike i tekhnologii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti. Vitebskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet. – 2015. S.234...236.

4. Makarova T. L., Makarov S. L. Vystavki literatury, dizajna i reklamy v 2014 - 2015 gg.: luchshee v dizajne, tekhnologiyah i marketingovyh kommunikaciyah // Marketingovye kommunikacii – 2015, № 4 (88). S. 244...256.

5. Makarova T. L., Makarov S. L. Aktual'nye simvol'y v dizajne i reklame sovremennogo kostyuma // Dizajn i tekhnologii. – 2016, № 55 (97). S.19...27.

6. Makarova T. L., Makarov S. L. Mediatekhnologii v realizacii obrazovatel'nyh programm magistratury social'no-gumanitarnogo profilya – М.; Berlin: Direkt-Media, 2020.

7. Nikitin M. I. Ispol'zovanie priema olicetvoreniya v sovremennoj reklame // Reklama. Teoriya i praktika. – 2010, № 03 (39). S. 168...178.

8. Katalog reklamy po godam: [Elektronnyj resurs] - <http://www.advertology.ru/>

9. Reklamnye postery kompanii Tame Ecuador Airlines [Elektronnyj resurs] - <https://bugaga.ru/picturesZl146724759-reklamnye-postery-kompanii-tame-ecuador-airlines.html>

10. Итоги года 2019: эксперты и читатели Sostav определили лучшую рекламу года [Elektronnyj resurs] - <https://www.sostav.ru/publication/itogi-goda-2019-eksperty-i-chitateli-sostav-opredelili-luchshuyu-reklamu-goda-41197.html>

11. 20 luchshih reklamnyh kampanij 2020 goda [Elektronnyj resurs] - <https://www.unisender.com/ru/blog/idei/2020-campaigns/>

Поступила 22.11.21.

**МЕТОД КАСТОМИЗАЦИИ
В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ОФОРМЛЕНИИ ОБУВИ**

**METHOD OF CUSTOMIZATION
IN ARTISTIC SHOE DECORATION**

М.И. АЛИБЕКОВА, А.Н. СЕРИКОВА, А.В. ГОЛОВАНЕВА, Ю.Ю. ФИРСОВА, А.В. СИЛАКОВ

M.I. ALIBEKOVA, A.N. SERIKOVA, A.V. GOLOVANEVA, Yu.Yu. FIRSOVA, A.V. SILAKOV

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

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

E-mail: mariyat-alibekova@yandex.ru

Сегодня производителям обуви предстоит решить задачу создания такой обуви, которая будет не только красивой, но и максимально универсальной, удобной, практичной и экономичной, а также сможет удовлетворять эстетические запросы потребителей. Многофункциональность и кастомизация являются одними из основных критериев, предъявляемых в настоящее время к элементам гардероба. Внедрение в практику новых технических решений позволит решить вопрос разработки и внедрения перспективных моделей. Поскольку обувь, как и одежда, под влиянием ряда факторов претерпевает постепенные изменения, возникает необходимость создания универсальной, легко трансформируемой модели с возможностью ее персонификации. В статье рассмотрено применение приема трансформации и кастомизации изделия, отвечающего требованиям многофункциональности, а также привлечение потребителей в процесс выбора дизайнерской "оболочки" обуви.

Today, shoe manufacturers will have to solve the problem of creating of shoes which will not only be beautiful, but also the most versatile, comfortable, practical and economical, and will also be able to satisfy the aesthetic needs of consumers. Multifunctionality and customization are the main criteria currently imposed on the elements of the wardrobe. The introduction of new technical solutions into practice will solve the issue of developing and implementing promising models. Shoes, as well as clothes, undergo gradual changes being influenced by a number of factors, there is a need to create a universal, easily transformable model with the possibility of its personification. The article considers the application of product transformation and customization methods that meet the requirements of multifunctionality, as well as attracting consumers to the process of choosing a designer "shell" of shoes.

Ключевые слова: обувь, кастомизация, цифровизация, эргономика, трансформация, дизайн, базовая модель, аксессуар, экономика.

Keywords: shoes, customization, digitalization, ergonomics, transformation, design, basic model, accessory, economy.

Современное общество как никогда погружено в поток цифровой культуры и технологических инноваций, которые формируют наше взаимодействие и опосредуют наш доступ к вещам и другим людям.

Происходят глобальные изменения в способах коммуникации и взаимодействиях людей в социальной сети, перенося их в сферу виртуальной реальности и цифровых технологий. Виртуальная реальность всегда присутствовала в восприятии мира человеком (мир идей, вымышленных персонажей, культурных ценностей и произведений искусства, др.). Мы можем смело сказать, что вся культура находится в виртуальной реальности – так как все объекты культуры, ценности имеют значение не как утилитарно физические объекты, а на уровне эмоционального восприятия человека. В настоящий период изучаются возможности инновационных технологий для более активного участия потребителей в процессе воплощения дизайнерских объектов потребления. С развитием цифровых технологий потребитель сможет включаться в процесс создания изделия уже на стадии его проектирования [1].

Необходимость модернизации, внедрение цифровых технологий в полной мере затрагивает и обувное производство. Легкую промышленность от других отраслей отличает быстрая смена ассортимента продукции в связи с доминирующим влиянием моды и изменяющихся конъюнктурных потребностей рынка. На смену стандартным продуктам и услугам приходит товар, удовлетворяющий индивидуальные потребности и желания. Кастомизация интересна потребителю, которого интересует не только

удовлетворенность личных физиологических нужд, но и оригинальность продукта, благодаря которому выявляются индивидуальные качества, получают ощущение удовлетворения, уважения и признания в общественных кругах [2].

В настоящее время многие компании, затрагивающие различные отрасли экономики, стали активно применять способ кастомизации – индивидуализации отношений производителя с потребителем. Также сформировались условия для ее использования в легкой промышленности. Среди них можно отметить: рост требований потребителей, стремление к получению качественного многофункционального изделия с ориентировкой на эстетические качества, высокая волатильность спроса. Удовлетворяя персональные предпочтения покупателей, применяя гибкие системы производства, массовая кастомизация дает возможность компаниям модной индустрии освободиться от лишних запасов готовой продукции, имеющих направленность к быстрому устареванию, а главное, способствует созданию продукта, наиболее востребованного потребителем [3].

Персонализация становится все более востребованной и доступной и все чаще является необходимой составляющей товара. Даже минимальная индивидуализация обуви, например, вышивка инициалов или надписей, положительно воспринимается потребителями. Изменения в обувном ритейле вероятны с использованием существующих производственных мощностей, но с добавкой цифровизации на этапе проектирования [4].



а)

б)

Рис. 1

Рассмотрим прием создания эргономичной обуви-трансформера с перспективой последующего изменения ее визуального образа за счет использования съемных накладных элементов. Обратимся немного к истории XVIII-XIX вв., периоду, когда популярностью пользовались гетры (фр. "guêtre") и гамашы (фр. "gamache") – вязаные или сшитые из плотного толстого материала чехлы либо голенища со штрипками, закрывающие щиколотки (рис. 1-а). На рис. 1: а) – гетры XIX века [5], [6]; б) – современная авторская эскизная коллекция на основе источника творчества XIX в. В европейской военной экипировке они появились как часть обмундирования, которая позволяла продлить жизнь казенной обуви. Также они выполняли утепляющую функцию, когда их носили с короткими брюками.

Позднее гамашы стали выполнять не только защитную функцию, но и выступать как декоративный элемент. Несмотря на то, что долгое время гамашы являлись атрибутом мужского гардероба воина, в конце XIX-начале XX вв. они завоевали признание и у женщин. Вследствие этого начал увеличиваться ассортимент гамаш и гетр по фасону, разнообразнее стали используемые материалы и цвета.

На сегодняшний день гетры находят применение среди спортсменов и туристов как защитный элемент от ударов, непогоды, грязи и т.д. Однако, несмотря на положительные стороны данного аксессуара и попытки дизайнеров внедрить этот элемент в повседневный гардероб, встретить людей в гамашах или гетрах в обыденной жизни удастся очень редко. На рис. 1-б представлен фрагмент авторской современной эскизной коллекции гетр, которые отличаются неординарным стилем и креативностью образа на основе исторического творческого источника.

Помимо одежды-трансформера на современном рынке появляется все больше моделей-трансформеров обуви. Так, французский дизайнер Тая Хит (Tanya Heath) создала туфли, которые можно трансформировать в другую модель, быстро поменяв

каблук. Сменный каблук крепится на защелке специальной конструкции. Туфли имеют пластичную подошву, что дает возможность быстро адаптироваться к разной высоте каблуков. Сменные каблуки не занимают много места и их можно носить в сумочке, при необходимости меняя шпильку на удобный каблук. Цветовое и декоративное разнообразие сменных каблуков, верха обуви расширяют возможности потребителя.

Еще больше возможностей расширить свой гардероб, представляется при использовании моделей-трансформеров на основе принципов комбинаторики и модульности (рис. 2, авторская коллекция) [7], [8].



Рис. 2

Современный гардероб отличается многокомплектностью. Посредством небольшого количества базовых и дополнительных декоративных предметов гардероба с помощью различного комбинаторного сочетания элементов можно создать большое количество разнообразных композиций (рис. 3).

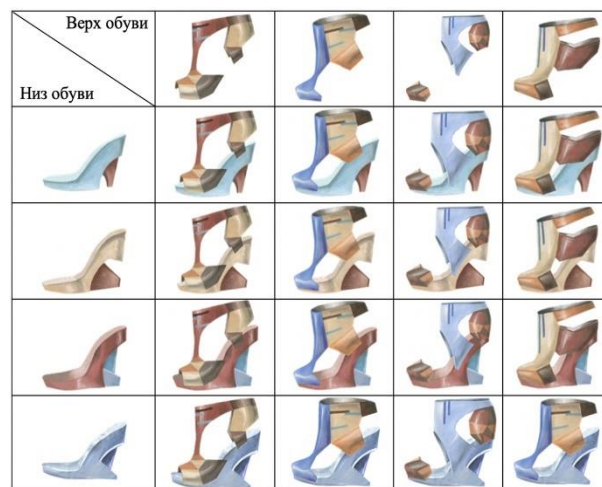


Рис. 3

Израильский дизайнер Д. Бекерман создала коллекцию со сменными задниками различных стилей и разной приподнятостью пяточной части. Свою коллекцию дизайнер назвала "Эти или эти?", тем самым отразив проблему, которая стоит перед женщиной при выборе обуви для создания желаемого образа в разных жизненных ситуациях. Креативные идеи в области дизайна и проектирования помогут найти оптимальное решение этой проблемы.

В настоящее время дизайн обуви предполагает симбиоз эстетических и технико-утилитарных приоритетов [9]. Опираясь на предшествующий опыт, нами предлагается метод кастомизации посредством разработки базовой модели и комплекта накладных деталей, которые вносят конструктивные и дизайнерские изменения во внешний вид модели (рис. 4). Базовой является эргономичная модель, выполненная в однотонном цвете, с минимальным количеством швов, без декоративной отделки. В нашем случае за "основу" взяты классические полуботинки черного цвета на устойчивом каблуке.



Рис. 4

При помощи накладных деталей задается стилевое и цветовое решение желаемой модели. Комбинируя элементы в зависимости от ситуации и назначения обуви, создаем костюм, достигая единство и целостность образа.

Запустить новые дизайнерские варианты накладных деталей в производство гораздо проще, экономичнее и быстрее,

нежели целое изделие, а следовательно, производитель сможет мобильнее отвечать на требования потребителей к ассортименту обуви в соответствии новыми веяниями времени.

Разработка плагинов, позволяющих потребителям в цифровой среде самим выбирать цветовое и фактурное решение модели, вид и количество фурнитуры, дополнительных декоративных элементов, даст возможность производить именно тот продукт, который будет пользоваться спросом. Участие потребителя в процессе создания будущей модели поможет учитывать его интересы и индивидуальность.

Сегодня наблюдается увеличение спроса на индивидуальную продукцию, который можно удовлетворить, используя оборудование для печати или вышивки на накладных деталях, благодаря возможности расположения этих деталей на плоскости в отличие от готовой обуви [9...11]. Это позволит изменять стиль и назначение изделия с наименьшими финансовыми и временными затратами.

ВЫВОДЫ

Разработка базовой модели обуви с ассортиментом накладных декоративных деталей (в некоторых случаях выполняющих и защитную функцию) поможет повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции за счет следующих показателей.

– *Экономический*. Выпуск дополнительных аксессуаров к базовой модели обойдется гораздо дешевле изготовления новой обуви с полным производственным циклом, благодаря сокращению издержек на операции по прикреплению низа обуви и собственно затрат на подошву, каблук, стельку и т.д.

– *Экологический*. Практически все материалы, используемые сегодня для подошвы – это искусственные неразлагаемые полимеры, которые требуют последующей переработки. Сокращение количества выброшенных из-за несоответствия моде, а не изношенности, пар обуви, помогает сохранить окружающую среду.

– *Потребительской активности.* Благодаря цифровой коммуникации, возможности выбрать дополнительные детали на стадии проектирования, растет вовлеченность потребителей в процесс производства, что создает их эмоциональную привязку к будущей модели.

– *Эстетический.* Можно воплощать нестандартные дизайны и вариации накладных деталей. Расширяется возможность создания кастомизированного продукта, поскольку при изготовлении нового дизайна верха обуви можно обойтись минимальным количеством оборудования и вспомогательных материалов. Становится осуществимой идея хендмейд для создания своего дизайна даже без специфических знаний в области проектирования и изготовления обуви. Потребитель может выбрать цвет, фактуру, форму накладных деталей для создания своего дизайна обуви.

– *Инновационность.* Это динамическая категория, отражающая совокупность идей, концепций, знаний, вклад различных людей в создание нового, усовершенствованного продукта. Она складывается из двух составляющих: креативности (способности создавать новшества) и коллаборации (совместных действий людей, организаций, обмен знаний по созданию усовершенствованного продукта). Привлекая потребителей и модные дома к разработке новых форм и разновидностей декоративных деталей, получим действительно востребованные модели.

– *Многосезонность и всепогодность.* Применение накладных деталей разной функциональной направленности расширяет сезонность использования обуви и защищает ноги в различных погодных условиях.

Таким образом, использование базовой модели обуви с разнообразным количеством накладных декоративных деталей позволит не только расширить ассортимент изготавливаемой продукции, повысить эстетическую составляющую изделий, но и обеспечить экономию материальных и финансовых ресурсов, создав качественно новый [10] кастомизированный продукт, удо-

влетворяющий индивидуальным запросам потребителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алибекова М.И., Белгородский В.С., Андреева Е.Г. Инновационные технологии в эскизном и художественном проектировании объемных форм костюма // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, №3. С.102...106.

2. Кастомизированный продукт. Целесообразность, выгода или просто затраты? [Электронный ресурс] – URL: <http://vbiznese.org/reklama-i-marketing/kastomizirovannyj-produkt-tselesoobraznost-vygoda-ili-prosto-zatraty.html> Vbiznese. Журнал для начинающих бизнесменов (дата обращения: 03.06.2021).

3. Баркова Н.Ю. Массовая кастомизация в индустрии моды // Вестник университета. – 2018, № 5. С.85...90. DOI 10.26425/1816-4277-2018-5-85-90

4. Сауди Д.Р., Махмудова Ф.М. Преимущества цифровизации легкой промышленности // Universitas: технические науки. – 2020, № 1 (70). С.58...60.

5. https://otvet.imgsmail.ru/download/84992377_b58f33c78d3fe083d4cad3d0868dfaa_800.jpg

6. <https://media2.24aul.ru/imgs/5b0eb51423bbeb2a7cfa78a0/>

7. Серикова А.Н., Антонов И.В. Комбинаторные методы формообразования // Дизайн и технологии – 2014, №44 (86). С. 25...32

8. Алибекова М.И., Андреева Е.Г., Белгородский В.С. Архитектоника формы в композиции костюма. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2020.

9. Благова П. А., Алибекова М.И., Третьякова С.В. Инспирация творчества современного художника в разработку эскизной коллекции "трансформация" // Инновации и технологии к развитию теории современной моды "МОДА (Материалы. Одежда. Дизайн. Аксессуары)": Сб. мат. I Междунар. научн.-практ. конф., посв. Ф.М. Пармону, Москва, 05–07 апреля 2021 года. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2021. С. 47...52.

10. Евдокимов К.В., Саморуков В.И., Саморуков Д.В. Формирование адаптированного к запросам потребителей промышленного ассортимента обуви на основе исследований рынка обувной продукции // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2020, № 2 (81). С. 247...258.

11. Istook C.L. Enabling mass customization: computer-driven alteration methods // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2002, Vol.14, Is.1. P. 61...76.

REFERENCES

1. Alibekova M.I., Belgorodskij V.S., Andreeva E.G. Innovacionnye tekhnologii v eskiznom i hudozhestvennom proektirovanii ob'emnyh form kost-

yuma// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №3. S.102...106.

2. Kastomizirovannyj produkt. Celesoobraznost', vygoda ili prosto zatraty? [Elektronnyj resurs] – URL: <http://vbiznese.org/reklama-i-marketing/kastomizirovannyj-produkt-tselesoobraznost-vygoda-ili-prosto-zatraty.html> Vbiznese. ZHurnal dlya nachinayushchih biznesmenov (data obrashcheniya: 03.06.2021).

3. Barkova N.YU. Massovaya kastomizatsiya v industrii mody // Vestnik universiteta. – 2018, № 5. S.85...90. DOI 10.26425/1816-4277-2018-5-85-90

4. Saidi D.R., Mahmudova F.M. Preimushchestva cifrovizatsii legkoj promyshlennosti // Uni-versum: tekhnicheskie nauki. – 2020, № 1 (70). S.58...60.

5. https://otvet.imgsmail.ru/download/84992377_bb58f33c78d3fe083d4cad3d0868dfaa_800.jpg

6. <https://media2.24aul.ru/imgs/5b0eb51423bbeb2a7-cfa78a0/>

7. Serikova A.N., Antonov I.V. Kombinatornye metody formoobrazovaniya // Dizaĭn i tekhnologii – 2014, №44 (86). S. 25...32

8. Alibekova M.I., Andreeva E.G., Belgorodskij V.S. Arhitektonika formy v kompozicii kostyuma. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2020.

9. Blagova P. A., Alibekova M.I., Tret'yakova S.V. Inspiratsiya tvorchestva sovremennogo hudozhnika v razrabotku eskiznoj kolleksii "transformatsiya" // Innovatsii i tekhnologii k razvitiyu teorii sovremennoj mody "MODA (Materialy. Odezhda. Dizajn. Aksessuary)": Sb. mat. I Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posv. F.M. Parmonu, Moskva, 05–07 aprelya 2021 goda. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2021. S. 47...52.

10. Evdokimov K.V., Samorukov V.I., Samorukov D.V. Formirovanie adaptirovannogo k zaprosam potrebitelej promyshlennogo assortimenta obuvi na osnove issledovaniy rynka obuvnoj produkcii // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava. – 2020, № 2 (81). S. 247...258.

11. Istook C.L. Enabling mass customization: computer-driven alteration methods//International Journal of Clothing Science and Technology. – 2002, Vol.14, Is.1. P. 61...76.

Рекомендована кафедрой спецкомпозиции. Поступила 11.11.21.

УДК 687.01

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_247

СТУДЕНЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ КАЗАЧЬЕЙ ОДЕЖДЫ КАК ФАКТОР МОЛОДЕЖНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТРАДИЦИОННОГО КОСТЮМА

STUDENT COLLECTION OF COSSACK CLOTHES AS A FACTOR OF YOUTH INTERPRETATION OF TRADITIONAL COSTUME

Н.И. ЩЕРБАКОВА

N.I. SHCHERBAKOVA

(Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет))

(K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University))

E-mail: natal.sherbakova@mail.ru

Актуальность работы определяется задачами сохранения и развития культуры и традиций российского казачества, которые определены в указе Президента от 9 августа 2020 г. на период 2021 - 2030 гг. Проблема возрождения и популяризация среди молодежи культурно-исторических традиций и ценностей российского казачества связана с преломлением негативных стереотипов о казаках.

Целью исследований являлся анализ традиционного казачьего костюма "кубелек" по различным направлениям: композиционно-конструктивному решению, декоративно-функциональному, наличию и назначению трансформирующихся элементов, знаковости и социальной идентификации одежды казачек.

Осмысление и творческая переработка информации явилась основой для последующего создания коллекции женской одежды в этническом стиле; способствовала пробуждению интереса к истории российского казачества, приобщению к самобытной казачьей культуре, соединившей старославянские и восточные элементы костюма, материалов, элементы оберега и способы украшения одежды. Созданная студенческая коллекция "Лазоревый цветок" многократно демонстрировалась на фестивалях и выставках города.

The relevance of the work is determined by the tasks of preserving and developing the culture and traditions of the Russian Cossacks, which are defined in the Presidential Decree of August 9, 2020 for the period 2021-2030. The problem of the revival and popularization of cultural and historical traditions and values of the Russian Cossacks among young people is associated with the refraction of negative stereotypes about the Cossacks.

The purpose of the research was to analyze the traditional Cossack costume "kubelek" in various directions: compositional and constructive solution, decorative and functional, the presence and purpose of transformable elements, the sign and social identification of Cossack clothing.

Comprehension and creative processing of information was the basis for the subsequent creation of a collection of women's clothing in an ethnic style; contributed to the awakening of interest in the history of the Russian Cossacks, familiarization with the original Cossack culture, combining old slavic and oriental elements of costume, materials, amulet elements and ways of decorating clothes. The created student collection "Azure Flower" has been repeatedly demonstrated at festivals and exhibitions of the city.

Ключевые слова: кубелек, народный донской женский костюм, коллекция в этническом стиле.

Keywords: kubelek, folk Don women's costume, collection in ethnic style.

Сохранение и развитие уникальной культуры казачества стало важным направлением деятельности образовательных организаций, реализующих образовательные программы с учетом культурно-исторических традиций России. Актуальность исследования определяется задачами, которые определены в указе Президента от 9 августа 2020 г. на период 2021 - 2030 гг. [1]. Проблема возрождения и популяризация среди молодежи культурно-исторических

традиций и ценностей российского казачества связана с преломлением негативных стереотипов о казаках.

Возрождение казачьей культуры через пробуждение интереса к истории костюма, интерпретация традиционного костюма и проектирование одежды с использованием современных технологий кроя и дизайна из современных материалов – эта цель определила содержание исследований и концепцию коллекции.

Значение исследования особенностей костюма различных народов для понимания его культуры огромно, так как национальный костюм, наряду с языком, мифом и обрядом, чаще всего образовывал единую знаковую систему. Исследованиями и изучением национального казачьего костюма занимается кафедра технологий промышленности СКИТУ (филиал) ФГБОУ ВО "МГУТУ имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет).

Методы исследований

В ходе исследований были применены литературно-аналитический и предметно-аналитический методы, методы индуктивного анализа и синтеза.

Объектом исследования являлся женский "кубелечный" костюмный комплекс XIII - начала XX вв., в котором в наиболее яркой форме воплощены региональные черты, формообразовательные контексты времени, свидетельствующие о художественной целостности, исторической и культурной значимости казачества [2].

Изучение казачьего костюма осуществлялось по нескольким направлениям:

- анализ особенностей казачьего костюма на основе платья "кубелек", его функций и образного решения с целью выявления *системы* традиционного костюма;

- анализ композиционно-конструктивного решения кубелечного костюма с целью внедрения в современную женскую одежду различных конструктивных решений;

- анализ декоративного решения казачьего костюма с целью использования элементов декора в современных вариантах женской одежды;

- разработка системы трансформации основных и декоративно-функциональных элементов женской одежды на основе кубелечного костюмного комплекса.

"Кубелек" – ансамблевый культурно-исторически обусловленный комплекс, эволюционирующий на протяжении нескольких столетий в художественном отношении: его ядром выступает общеславянская основа, но восточные традиции оказали существенное влияние на специфику художественного образа [2].

Функции женского казачьего костюма разнообразны: утилитарная, эстетическая, региональная, социальная. Костюм обладает высокой степенью символичности и знаковости.

Костюм представляет собой систему взаимосвязанных элементов, которые должны согласовываться по определенным признакам. Систему определяют: цельность, образность, единство частей по стилю, цветовой гамме, форме, структурным характеристикам, конструктивному единству, единству фактуры; необходимость развития системы от статики к динамике и логичность этого развития [3].

Элементы казачьего женского костюмного комплекса на основе платья "кубелек": одежда, обувь в восточном стиле, аксессуары, головные уборы, украшения. Данные элементы, в свою очередь, можно подразделить на различные виды.

К основным видам одежды можно отнести рубаху определенного покроя, распашное платье "кубелек", штаны-шаровары. Обувь или ее отсутствие определялись статусом казачки и назначением костюма (нарядный, повседневный, девичий). Аксессуары: тканый широкий (шелковый) пояс-татаур или металлический узорный узкий пояс с пряжкой, гаман, кружевные шали. Характерны и головные уборы: сорока, кичка, повязка с чикиликами, украшенная вышивкой лента. Для нарядного костюма характерны украшения: жемчужные бусы, браслеты, серьги, кольца, монисто [3], [4]. Все элементы на протяжении XVII-XIX вв. изменялись, трансформируясь в соответствии с модой своего времени.

Важной составной частью комплексов женской казачьей одежды, распространенных на Дону, являлась рубаха. Как у русских и украинцев, она являлась нательной и верхней домашней одеждой, заключала в себе магическую силу и выступала в качестве оберега [3].

Употребление шаровар в праздничном и рабочем "кубелечном" комплексе свидетельствует об этнической специфике всего комплекса через влияние восточной культуры. Шаровары выполняли практические

и сословные функции, показывая принадлежность к казачьему социуму и мужскому миру. В комплексе прослеживается принцип многослойности, пластической выразительности, цветовых контрастов, сочетания различных тканей [3...7].

В течение многих лет "кубелечный" комплекс неоднократно трансформировался визуально, по крою, по цветовому решению, степени декорирования. Элементы декора менялись под влиянием изменений деталей и элементов трансформации.

В признаках "кубелечной" одежды отмечено сходство с турецкой женской одеждой. Это проявляется в трансформирующихся необычных рукавах, в полах кафтанов и верхних платьев. Нижняя часть юбки могла трансформироваться в брюки, закладываясь определенным способом.

Обнаружено сходство стилевых решений в одежде донских казачек с народами Северного Кавказа и татар кряшен, мещер, черкасов и выходцев их других русских городов. В частности, яркие и контрастные многочисленные декоративные элементы в виде полос и лент и окантованные лентами края деталей одежды; пояса, трансформирующиеся в декоративные застежки, придерживающие на талии платье либо кафтан.

В костюме донских женщин отмечалось влияние и мужского костюма. Можно отметить отстегивающиеся рукава, контрастную отделку лентами и кантом (под золото) и многочисленные застежки "плащи" на вислые пуговицы (под золото, серебро, с драгоценными камнями).

Это сходство определяло высокий статус казачки и указывало на взаимопроникновение мужского и женского текстиля, доминирование семейной этики. А так как женщинам приходилось участвовать в боевых действиях, то костюм служил и особым социальным маркером [4], [7].

Под влиянием времени и многонациональности казачества трансформации подлежат и элементы декора.

Самым древним и распространенным видом декора является вышивка, которая своими истоками уходит в глубокую древность. Украшение одежды и предметов быта вышивкой было распространено по-

всеместно. Материалами для вышивки служили цветные шерстяные, хлопчатобумажные и шелковые нити, золотая и серебряная проволока, разнообразные ленты, жемчуг, драгоценные камни, бисер, стеклярус и т.д.

Колористические предпочтения формировались под влиянием окружающей среды и ее красок. Цветовая гамма "кубелечных" тканей часто состояла из контрастного сочетания золотого, коричневого, лилового, синего, зеленого, красного и всех их оттенков. Цветочный сюжет рисунков располагался как по всему изделию (с акцентами на груди, горловине, низу рукавов и низу изделия), так и в виде продольных декорированных и однотонных полос и не только обогащал цветовую гамму, но и дополнял яркую и богатую фактуру шелковых тканей. Контрастная интенсивная цветовая гамма, крупные и мелкомасштабные узоры рисунка декора в виде "троесолнца" (троебожие) и растительных мотивов делали "кубелек" заметной частью костюмов, свойственных многонациональным народам Юга России.

Декоративность подчеркивается применением контрастных по цвету и фактуре материалов, сохранением в пластическом образе "кубелечных" черт: цветочного узора, наличие подкладки (иногда контрастирующей с тканью верха), круглого выреза, плотно прилегающего к шее, длинной юбки в глубоких складках, декорирование пуговицами центральной части лифа, а также наличие внутренних потайных крючков-застежек. Часть предметов комплекса либо вытесняются, либо подвергаются трансформации.

Формы рукавов были разнообразными. Они делали "кубелечный" комплекс индивидуальным и неповторимым. В композиционном оформлении рукавов контрастные полосы, которые удлиняли и "увеличивали" их визуальное восприятие. Аналогичные "полосатые" элементы декора рукавов сохраняются и в самом "кубелеке". Вызывает интерес способ крепления рукавов к костюму. Такие элементы, как рукава и "ожерелок", пристегивались к "кубелеку" с помощью застежек и разнообразных пуговиц. Данный факт свидетельствует о наличии в

гардеробе казачки нескольких экземпляров рукавов и "ожерелка", которые подбирались ею по вкусу. Такое крепление рукавов к "кубелеку" позаимствовано из покровов тюркской одежды.

В коллекциях присутствуют "вислые" и "застегательные кубелечные" пуговицы, отличающиеся декоративно-композиционным и функциональным решением. При этом они имели смысловую связь с растительным и цветочным орнаментальным рисунком "кубелечных" тканей. Обереговую и декоративную функции пуговиц усиливали также и накладные металлические изделия (бусины). На подлинниках "кубелечных" платьев и кафтанах присутствует от 9 до 20 "вислых" пуговиц – это традиция, идущая из допетровского регламента украшения пуговицами любого вида одежды. Наличие большого количества "вислых" пуговиц на платьях казачки могло свидетельствовать о статусе или чине мужа, демонстрируя отражение знаковой функции мужского мира.

В рамках системы казачьего женского костюма на основе платья "кубелек" разработана коллекция "Лазоревый цветок" в

рамках выпускной квалификационной работы группой студентов, предназначенная для демонстрации на подиуме. Конструкция изделия и отшитые модели выполнены авторами, обучающимися по направлению подготовки "Конструирование изделий легкой промышленности".



Рис. 1

На рис. 1,2 представлен комплект женской одежды на основе казачьего костюма с элементами трансформации и дополнительным оригинальным декором (автор Романенко О.И.). Декор образца представлен сложной вышивкой с элементами аппликации (рис. 1).



Рис. 2

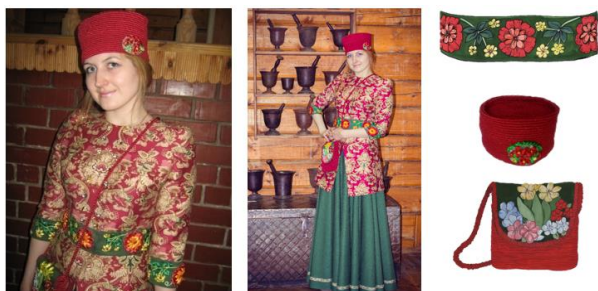


Рис. 3

Все элементы костюма тесно взаимосвязаны, дополняют друг друга и создают единый, цельный образ. Трансформация производится благодаря декоративно-функциональным элементам в форме лент, пристегивающимся на пуговицы-бусины к основным элементам. Также трансформация производится за счет визуального восприятия

декора, который в определенных вариантах объединяется в крупно- или мелкомасштабные декоративные элементы.

На рис. 3 представлена модель коллекции, основанная на единстве стиливого и цветового решения, на преобладании сходства геометрических форм, линий, степени динамичности. Выразительность модели подчеркивается контрастом масс, фактур и цветов. Концептуальная идея модели – декорирование элементов одежды и аксессуаров разноцветными лентами. Внутреннее орнаментальное решение отделки диктуется ритмом. В комплекте разработаны пояс, сумка и головной убор, вязанные из шнура и декорированные лентами (автор Буланкина А.В.).



Рис. 4

На рис. 4 представлена модель костюма, разработанная на основе текстильно-орнаментальной эклектики (автор Мякишева П.И.). Комплект состоит из платья, съемного пояса и брюк. Воротник – "ожерелок" изготовлен из разноцветного войлока, техникой наложения, использован орнамент из цветков граната, огурцов и нераспустившихся цветов граната. В композиционном решении аксессуара присутствует эклектика – сочетание восточных и славянских традиций.

Среди казачек Дона бытовали комплексы одежды с поневою, сукманом, сарафаном, юбкой – андаракон и кубелеком [4], [9].

На рис.5-а, б представлен комплект, в котором сочетаются разные типы женской казачьей одежды (автор Слесарчук Е.А.). Костюм, состоящий из жакета – стилизованный укороченный "кубелек", пышно

украшенный декоративным текстилем и вышивкой, распашной юбки и юбки – "солнце". В модели использовалась вышивка двух видов: лентами и нитями.



а) б) в)

Рис. 5

Мотивом для вышивки послужили стилизованные растительные орнаменты, в которых отражен синтез двух культур – восточной и южнорусской (рис. 6 – автор Слесарчук Е.А.).



Рис. 6

Большую роль играет выбор пуговиц. Вислые пуговицы выполняют обереговую функцию; также ряд пуговиц, пришитых близко к друг другу в определенном ритме, создает образ цветочной ветви. Пластичность, выразительность и необходимый силуэт юбки создается благодаря глубоким складкам, заложенным у пояса, а также характерному переднему разрезу, оформленному в виде драпированной полы.

Анализ конструктивного решения казачьего костюма, его функциональность и вы-

разительность, позволяют предложить модель, которая передает историческую взаи-

мосвязь эпох, народностей и культур (рис. 5-в) (автор Казакова О.Д.).



Рис. 7

На рис.7 выборочно представлены исторические костюмы казачек из различных литературных источников [8], [9] и современная студенческая коллекция одежды, изготовленная по мотивам казачьего костюма (рис. 8 – фотография коллекции "Лазоревый цветок", выполненная студентами Романенко О.И., Казаковой О.Д., Буланкиной А.В., Мякишевой П.И., Слесарчук Е.А.).

щихся элементов, знаковости и социальной идентификации одежды казачек.

2. Казачий костюм является неисчерпаемым источником для новых идей, что подтверждается многочисленными модными показами известных Домов моделей и разработанной студенческой коллекцией на основе интерпретации женского казачьего костюма.

3. Разработанная коллекция предназначена для демонстрации на подиуме и является источником идей для создания современной женской одежды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 9 августа 2020 г. № 505 "Об утверждении Стратегии государственной политики Российской Федерации в отношении российского казачества на 2021 - 2030 годы".

2. Горблянская К.Ю. Искусство донского женского казачьего костюма XVIII - начала XX вв.(национальные традиции, образная целостность, проблемы наследия в XXв.): Дис.... канд. искусствоведения. – М., 2012.

3. Горблянская К.Ю. Донской народный женский костюм XIII-XIX веков как феномен казачьей субкультуры // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. – 2012, № 4. С.31...34.

4. Ярошенко И.В. История традиционного бытового костюма кубанских казаков XIX - начала XX веков: Дис.... канд. ист. наук. – М., 2009.

5. Шаповалова А.В. Костюм черноморского казачества: традиции и мода (конец XVIII в. - 1860 г.): Дис.... канд. ист. наук. – Астрахань, 2009.

6. Гангур Н.А. Народное декоративно-прикладное искусство восточнославянского населения Кубани: На примере текстиля: Дис.... канд. ист. наук. – Краснодар, 2002.

7. Цибульникова А.А. Казачки Кубани в конце XVIII - середине IX вв.: специфика повседневной



Рис. 8

ВЫВОДЫ

1. Представлен результат исследования на основе анализа традиционного казачьего костюма "кубелек" по различным направлениям: композиционно-конструктивному решению, декоративно-функциональному, наличию и назначению трансформирую-

жизни в условиях военного времени: Дис.... канд. ист. наук. – Армавир, 2004.

8. Астапенко Г.Д. Быт, обычаи, обряды и праздники донских казаков XVII–XX вв. – Батайск: Батайское кн.изд-во, 2002.

9. Фрадкина И.Г., Новак Л.А. Старинный донской казачий костюм XVII–XIX вв. // Донской народный костюм. – Ростов на Дону, 1986.

REFERENCES

1. Ukaz Prezidenta RF ot 9 avgusta 2020 g. № 505 "Ob utverzhdenii Strategii gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v otnoshenii rossijskogo kazachestva na 2021 - 2030 gody".

2. Gorblyanskaya K.YU. Iskusstvo donskogo zhenskogo kazach'ego kostyuma XVIII - nachala XX vv.(nacional'nye tradicii, obraznaya celostnost', problemy naslediya v XXv.): Dis.... kand. iskusstvovedeniya. – M., 2012.

3. Gorblyanskaya K.YU. Donskoj narodnyj zhenskij kostyum VIII–XIII vekov kak fenomen kazach'ej subkul'tury // Izv. vuzov. Severo-Kavkazskij region. – 2012, № 4. S.31...34.

4. YAroshenko I.V. Istoriya tradicionnogo bytovogo kostyuma kubanskih kazakov XIX - nachala XX vekov: Dis.... kand. ist. nauk. – M., 2009.

5. SHapovalova A.V. Kostyum chernomorskogo kazachestva: tradicii i moda (konec HVSH v. - 1860 g.): Dis.... kand. ist. nauk. – Astrahan', 2009.

6. Gangur N.A. Narodnoe dekorativno-prikladnoe iskusstvo vostochnoslavyanskogo naseleniya Kubani: Na primere tekstilya: Dis.... kand. ist. nauk. – Krasnodar, 2002.

7. Cibul'nikova A.A. Kazachki Kubani v konce XVIII - seredine IX vv.: specifika povsednevnoj zhizni v usloviyah voennogo vremeni: Dis.... kand. ist. nauk. – Armavir, 2004.

8. Astapenko G.D. Byt, obychai, obryady i prazdniki donskih kazakov XVII–XX v. – Batajsk: Batajskoe kn.izd-vo, 2002.

9. Fradkina I.G., Novak L.A. Starinnyj donskoj kazachij kostyum XVII–XIX vv. // Donskoj narodnyj kostyum. – Ростов на Donu, 1986.

Рекомендована кафедрой технологий промышленности СКИТУ (филиал) ФГБОУ ВО "МГУТУ им. К.Г.Разумовского (ПКУ). Поступила 13.05.22.

УДК 510.67.004.624

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_255

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ

ENERGY CRITERION OF MATERIALS' WEAR RESISTANCE

К.К. СЕЙТКАЗЕНОВА, Д.С. МЫРЗАЛИЕВ, Б.Р. АРАПОВ, Б.Б. ЖУМАЛИЕВ, Е. АКИМ

K.K. SEITKAZENOVA, D.S. MYRZALIEV, B.R. ARAPOV, B.B. ZHUMALIYEV, E. AKIM

(Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан)

(M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: kseitkazi@mail.ru

В статье показана возможность применения структурно-энергетического подхода для моделирования процесса изнашивания материалов, предложен энергетический критерий износостойкости, представляющий собой критическую плотность потока энергии деформации $W_{кр}^$, который зависит от дислокационной структуры, от схемы напряженного состояния изнашиваемых слоев материалов и характеризует их предельные возможности. Показана связь энергетического критерия с параметрами, учитывающими динамический характер внешнего нагружения. Описаны процессы накопления повреждений при внешних воздействиях на поверхность материалов.*

The article shows the possibility of applying the structural-energy approach to modeling the process of materials' wear, an energy criterion of wear resistance is proposed, it is the critical density of the deformation energy W_{cr}^ that depends on the dislocation structure and on the stress state diagram of the materials' wear layers, the criterion characterizes their ultimate possibilities. The relationship between the energy criterion and the parameters that take into account the dynamic nature of external loading is shown. The processes of damage accumulation under external influences on the surface of materials are described.*

Ключевые слова: износ, эрозионная стойкость, плотность, мощность деформации, структура, разрушение.

Keywords: wear, erosion resistance, density, power of deformation, structure, destruction.

Введение

Оборудование любой отрасли, в том числе и текстильной промышленности? работает в сложных условиях эксплуатации при повышенных скоростях и значительных нагрузках динамического и циклического характера. Текстильное оборудование работает в среде текстильной пыли и пуха, которые, обладая сильным абразивным воздействием, проникают в узлы трения, усиливают их износ и резко снижают долговечность деталей и механизмов. При этом рабочие органы текстильных машин и нитоконтактирующие детали непосредственно взаимодействуют с продуктом, обладающим истирающим и абразивным действием. Поэтому основная часть деталей (82 % отказов) выходит из строя вследствие повреждений трущихся поверхностей, обусловленных механическим и эрозионным износом, и только 8...10 % отказов происходит по причине поломок деталей [1], [2].

Связь между внешним воздействием и износом в рассматриваемых конкретных условиях эксплуатации деталей может быть установлена при помощи нового критерия износостойкости материалов, характеризуемого критической плотностью потока энергии деформации или критической поверхностной плотностью мощности деформации $W_{кр}$.

Методы исследования

Выделим в изнашиваемом материале некоторый исходный объем $V_{кр}$ и рассмотрим особенности прохождения потока энергии деформации через сечение этого объема $S_{исх}$, показанное на рис. 1. Будем полагать, что в накоплении энергии деформации участвует только часть площади $S_{исх}$, а именно некоторая площадь $S_{ак}$, пропорциональная соответствующему элементарному объему $V_{кр}$, в котором в результате прохождения потока энергии деформации аккумулируется потенциальная энергия. Будем считать, что $S_{исх} > S_{ак}$ и что объему предельного насыщения энергией соответствует площадь $S_{кр}$, которая меньше $S_{ак}$ и, наконец, объему, в котором происходит разрушение V_p , пропорционально площадь S_p меньшая, чем площадь $S_{кр}$.

Для того, чтобы в пределах $S_{кр}$ наступило разрушение, на изнашиваемый материал достаточно воздействовать лишь одному внешнему импульсу. Суммарная плотность потока энергии для площади $S_{кр}$ и для соответствующего объема $V_{кр}$, включая и вклад потока энергии от последнего импульса, будет равна при этом критической плотности мощности $W_{кр}$. В момент разрушения часть рассматриваемого на рис. 1 (схема распределения энергии пластической деформации в объеме $V_{исх}$ деформируемого (изнашиваемого) металла: $V_{ак}$ – объем пластически деформируемого металла; $V_{кр}$ – объем с предельным насыщением внутренней энергией; V_p – объем, в котором происходит непосредственное разрушение) объема материала, например верхняя, отделенная от нижней части штриховой линией, будет представлять собой продукты износа, которые согласно принятой схеме будут характеризоваться некоторой средней плотностью энергии деформации, реализуемой в конкретных условиях.

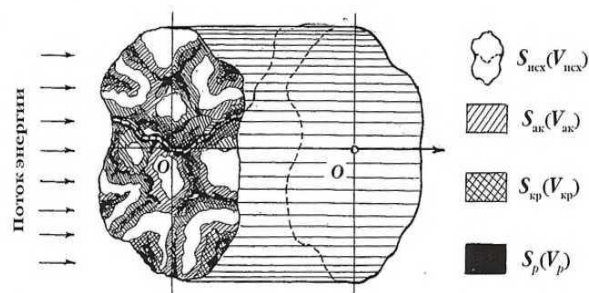


Рис. 1

Обозначим соответствующую объему продуктов износа мнимую плотность мощности деформации через $W_{кр}^*$, а критическую действительную $W_{кр}^{max}$. Ясно, что точность оценки износостойкости материалов с помощью критической плотности мощности деформации будет зависеть от того, как сильно отличается $W_{кр}^*$ от $W_{кр}^{max}$. Для того чтобы располагать достоверными значениями $W_{кр}^{max}$, необходимо знать предельные свойства изнашиваемых материалов. Реализуемая в конкретных условиях изнашивания мнимая критическая плотность мощ-

ности, или реализуемая критическая плотность потока энергии деформации, в уп-

$$W_{кр}^* = \sum_{N=1}^{N_{кр}} W_{акi} = N_{кр} W_{ак}^{cp} = \frac{\xi(N^* \Delta l)_{N=1}^{cp}}{V_{N_{кр}}} N_{ак} = \frac{\xi(Ev)_{N=1}^{cp}}{V_{\vartheta_{кр}}} N_{кр}, \quad (1)$$

где $W_{акi}$ и $W_{ак}^{cp}$ – плотность мощности деформации отдельных ударов и ее среднее значение соответственно при аккумуляции внутренней энергии; N^{cp} – средняя мощность удара; Δl – характерное расстояние, например средний пробег волны пластической деформации; $V_{N_{кр}}$ – деформируемый объем материала, превращающийся в продукты изнашивания после числа ударов $N_{кр}$; E и ϑ – средние значения энергии и скорости удара по изнашиваемой поверхности.

$W_{ак}^{cp}$ связана с w_i^{cp} – усредненной плотностью мощности отдельного удара выражением

$$W_{акi}^{cp} = \xi W_i^{cp} = \frac{\xi N^*}{S_{ак} N_{кр}},$$

где ξ – коэффициент аккумуляции, меньший 1.

Введем обозначение:

$$\chi = \frac{S_{ак}}{(S_{кр} + S_p)}.$$

Из рис. 1 следует, что $\chi \geq 1,0$, так как $S_{ак} > S_{кр} + S_p$. Действительная наибольшая плотность мощности деформации в объемах материала, где происходит предельное насыщение энергией и последующее разрушение, определится с учетом коэффициента χ следующим образом:

$$W_{кр}^{max} = W_p^{cp} \chi = W_i^{cp} [\xi(N_{кр} - 1) + 1]. \quad (2)$$

Подставляя w_i^{cp} из соотношения (2) в исходную формулу (1), получим:

$$W_{кр}^* = \chi W_{кр}^{max} = W_{кр}^{max} \frac{\xi N_{кр}}{\chi[\xi(N_{кр} - 1) + 1]} = \frac{\xi Ev}{V_{N_{кр}}} N_{кр}. \quad (3)$$

Из этого выражения следует, что если коэффициенты $\xi = \chi = 1$, то $W_{кр}^* = W_{кр}^{max}$. В этом случае изнашиваемый материал будет

рощенной записи может быть представлена следующим образом:

обладать наибольшей энергоемкостью. Если $\xi = 0$, то образование продуктов износа будет происходить в результате хрупкого разрушения. Это может иметь место в случае предварительного предельного искажения кристаллической решетки для металлов, когда плотность дислокаций равна критической, а также при упругом деформировании идеального кристалла, у которого плотность дислокаций равна нулю.

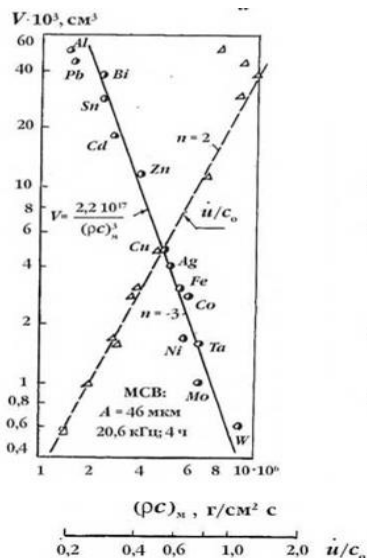
Обсуждение

Проведенный анализ показывает, что величина $S_{ак}(V_{ак})$ является функцией распределения дислокаций. Равномерному распределению дислокаций соответствуют меньшая плотность мощности деформации, вводимая в материал, и более однородное насыщение энергией деформируемых объемов. Значение коэффициента ξ зависит от плотности распределения дислокаций в этих объемах.

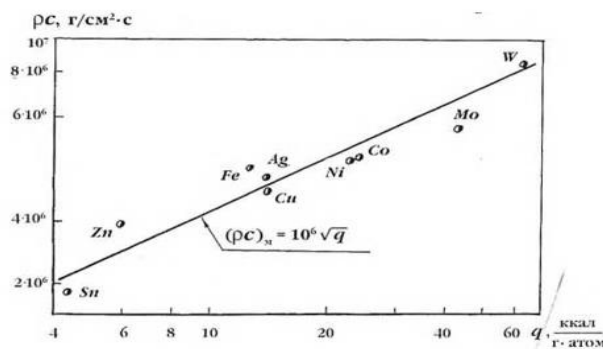
Точное аналитическое определение коэффициентов ξ и χ , а следовательно, и коэффициента χ , в настоящее время достаточно сложно. Поэтому расчетную износостойкость материалов целесообразно определять по соответствующим уравнениям, включающим не $W_{кр}^{max}$ и χ , а осредненный критерий износостойкости $W_{кр}^*$, который зависит от условий нагружения и схемы напряженного состояния тонких изнашиваемых слоев материалов (* – знак осреднения внутренней энергии в изнашиваемом объеме).

В общем случае энергетический критерий $W_{кр}^*$ характеризует предельные возможности материалов как проводников внешней энергии, подводимой к их поверхности посредством разнообразных носителей. Под носителями здесь подразумеваются волновые потоки механической (акустической), тепловой (световой), электромагнитной, электрической и другой энергии различной плотности.

Фронт волны энергии любого происхождения, распространяющийся в рассматриваемой среде с некоторой переносной скоростью, создает поток энергии определенной плотности. Если при этом плотность потока внешней энергии $W_{вн}$ окажется равной критической $W_{кр}^*$, то



а)



б)

Рис. 2

Для подтверждения целесообразности структурно-энергетического подхода при оценке износостойкости материалов и возможности ее представления в связи с различными энергетическими параметрами (критериями) на рис. 2 (влияние акустического сопротивления $(\rho c)_m$ на износ чистых металлов при микроударном нагружении (а) [3]; взаимосвязь $(\rho c)_m$ с абсолютным значением термодинамического потенциала q при нагреве чистых металлов от ОК до температуры плавления (б) [4], [5]) показана зависимость кавитационно-эрозионного износа чистых металлов от их акустического сопротивления ρc (ρ – плотность материала; c – скорость распространения звука в материале).

Опытные точки на рис.2-а можно аппроксимировать степенной зависимостью

$$V = \text{const}_{22} / (\rho c)_m^3, \quad (4)$$

которая, видимо, является одной из фундаментальных закономерностей разрушения

сплошных сред под воздействием ультразвука.

Результат (4) согласуется со структурно-энергетической моделью изнашивания материалов, представленной соотношениями (1). На основании (1), а также известной формулы для определения динамического давления $p = \rho c \dot{u}$ (\dot{u} – массовая скорость перемещения среды под воздействием волны возмущения), можно записать для относительного износа:

$$V_{отн} = \frac{(E\dot{u})_i}{W_{кр}^*} \sim \left(\frac{p_i}{p_{кр}}\right)^3 \sim \left(\frac{\dot{u}}{v_{кр}}\right)^3 \sim (\rho c)_m^{-3}, \quad (5)$$

где p_i и $p_{кр}$ – текущее и критическое (разрушающее материал) давление; $v_{кр}$ – критическая скорость удара, вызывающая разрушение материала при однократном внешнем воздействии на определенном уровне нагружения.

Из соотношений (5) вытекает пропорциональность между критерием $W_{кр}^*$ и кубом акустического сопротивления материала

(ρc)³. Если в соответствии с рис. 2-б акустическое сопротивление в (4) заменить на значение термодинамического потенциала в степени 1/2, т.е. на $(q)^{1/2}$, то получим зависимость относительного износа от $q^{3/2}$.

В результате выполненных сопоставлений можно отметить, что между механическими, акустическими и термодинамическими (тепловыми) критериями существует взаимосвязь, имеющая четкую физическую интерпретацию с позиций структурно-энергетической теории изнашивания, позволяющая в корректных условиях внешнего воздействия на материалы прогнозировать их поведение и принимать решения о целесообразности их практического использования:

$$W_{кр}^* \sim (\rho c)_m^3 \sim q^{3/2}. \quad (6)$$

Повреждения среды могут накапливаться не только на поверхности, но и в глубине материала. Так, например, при воздействии на твердые материалы ультразвуковых волн, очаги пластической деформации с определенной периодичностью могут возникать по всему объему образца. Показательным является также установленный факт структурных изменений изолированных мезоскопических субстанций при деформировании металлических материалов на макромасштабном уровне [6]. Такую структуру проще представить как двухфазную, состоящую из недеформированной основы и второй фазы в виде пластически деформированных мезообъемов материала.

Процессы накопления (суммирования) повреждений при многократных внешних воздействиях на поверхность материалов формально позволяют рассматривать процессы изнашивания с позиций усталости. При этом, пожалуй, единственное, что объединяет поверхностную усталость, а точнее квазиусталость, с объемной усталостью более крупных деталей – это наличие аккумуляционного периода накопления повреждений до возникновения трещины. Закономерности дальнейшего роста трещин при изнашивании и при объемной усталости различны, т.к. протекают на разных масштабных уровнях и приводят к различным

последствиям: при изнашивании происходит слияние микротрещин и послойное образование продуктов изнашивания определенной крупности; при объемной макроусталости происходит разрушение детали.

ВЫВОДЫ

1. Процессы изнашивания материалов можно проанализировать на основе структурно-энергетического подхода.

2. Критерий $W_{кр}^*$ – потоковая характеристика, учитывающая структурные изменения в материалах при трансляции подведенной энергии в них волнами упругопластических деформаций.

3. Износостойкость любых материалов можно представить в связи с энергетическими уровнями механизмов, которые оказывают наибольшее влияние на структурные изменения в условиях внешнего воздействия.

4. Представленные критерии позволяют прогнозировать поведение материалов в конкретных условиях внешнего нагружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мнацаканян В.У. Конструкторско-технологические решения проблемы повышения работоспособности подшипниковых опор ткацких машин // Автоматизация и современные технологии. – 2006, №2. С. 3...5.
2. Лебедев Л.В., Мнацаканян В.У., Погонин А.А., и др. Технология машиностроения. – М., 2008.
3. Богачев И.Н., Вайнштейн А.А., Волков С.Д. Введение в статическое материаловедение. – М.: Металлургия, 1972.
4. Богачев И.Н. Кавитационное разрушение и кавитационностойкие сплавы. – М.: Металлургия, 1972.
5. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984.
6. Погодаев Л.И., Сейтказенова К.К. Моделирование эрозии и долговечности гетерогенных материалов методами механики деформируемых сред. – С-Пб.: Академия транспорта Российской Федерации, 2003.

REFERENCES

1. Mnacakanyan V.U. Konstruktorsko-tehnologicheskie resheniya problemy povysheniya rabotosposobnosti podshipnikovyh opor tkackih mashin

// Avtomatizaciya i sovremennye tekhnologii. – 2006, №2. S. 3...5.

2. Lebedev L.V., Mnacakanyan V.U., Pogonin A.A., i dr. Tekhnologiya mashinostroeniya. – M., 2008.

3. Bogachev I.N., Vajnshtejn A.A., Volkov S.D. Vvedenie v staticheskoe materialovedenie. – M.: Metallurgiya, 1972.

4. Bogachev I.N. Kavitacionnoe razrushenie i kavitacionnostojkie splavy. – M.: Metallurgiya, 1972.

5. Bolotin V.V. Prognozirovaniye resursa mashin i konstrukcij. – M.: Mashinostroenie, 1984.

6. Pogodaev L.I., Sejtkenova K.K. Modelirovaniye erozii i dolgovechnosti geterogennykh materialov metodami mekhaniki deformiruemykh sred. – S-Pb.: Akademiya transporta Rossijskoj Federacii, 2003.

Рекомендована кафедрой механики и машиностроения. Поступила 25.05.22.

УДК 677.014.223+677.027.625.1
DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_261

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЛЬНЯНОЙ ОСНОВЫ БИОКОМПОЗИТОВ
ПУТЕМ БИОХИМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ПОЛИУГЛЕВОДОВ И ЛИГНИНА***

**INCREASING THE STRENGTH OF THE LINEN BASE OF BIOCOMPOSITES
BY BIOCHEMICAL TRANSFORMATION
OF POLYCARBOHYDRATES AND LIGNIN**

С.А. КОКШАРОВ, С.В. АЛЕЕВА, Е.Н. КАЛИНИН

S.A. KOKSHAROV, S.V. ALEEVA, E.N. KALININ

(Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново,
Ивановский государственный политехнический университет)

(Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Ivanovo,
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: sva@isc-ras.ru

По данным оценки влияния полимерных компонентов трепаного льна на величину удельного разрывного усилия льняных комплексов показана разнонаправленная роль примесей лигнина. Предложен вариант энзимной обработки суровых полотен для развития поровой структуры волокна перед пропиткой полимерным связующим, который предусматривает использование продуктов ферментации полисахаридов в качестве реагентов для деструкции межволоконных лигниновых одревеснений, ухудшающих прочностные свойства материала. Миграция деполимеризованного лигнина в структуру элементарных волокон обеспечивает повышение в 1,4...1,7 раза разрывной нагрузки ткани при снижении коэффициента вариации показателя в 2...2,7 раза.

According to the influence evaluation of scutched flax polymeric components on the value of the specific breaking force of flax complexes, the multidirectional role of lignin impurities is shown. A variant of enzymatic treatment of gray fabrics for the development of fiber pore structure before impregnation with a polymeric binder is proposed,

* Отдельные разделы работы выполнены в рамках Государственного задания ИХР РАН (проект № 012012 60484) и при финансовой поддержке РФФИ (грант №20-43-370007р_а) с использованием оборудования ЦКП «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

which involves the use of polysaccharide fermentation products as reagents for the destruction of interfiber lignin lignifications that degrade the strength properties of the material. The migration of depolymerized lignin into the structure of elementary fibers provides 1.4...1.7 times increase in the breaking load of the tissue while reducing the coefficient of variation of the indicator by 2...2.7 times.

Ключевые слова: льноволокнистые материалы, биомодификация, трансформация лигнина, прочность на разрыв.

Keywords: flax fiber materials, biomodification, lignin transformation, tensile strength.

Объем мирового рынка передовых полимерных композитов в 2020 году оценивается в 12,1 млрд. долларов США [1]. Анализ научно-технической литературы свидетельствует о неуклонно возрастающем интересе исследователей к расширению перспектив усовершенствования биополимерных композитных материалов, армированных волокнистыми наполнителями [2...6]. По мнению специалистов, вопрос применения в них волокон природного происхождения в ближайшее столетие будет являться ключевым [7]. Специфика армирования композитов натуральными волокнами и преимущества их промышленного применения в конкретных областях рассмотрены, в частности, в недавних обзорных публикациях [7...10].

В связи с расширением применения льняных армирующих наполнителей в последнее время повышенное внимание уделяется изучению процессов формирования и строения клеточной стенки лубяных волокон во взаимосвязи с их механической прочностью и вязкоупругими свойствами [11...13]. Вместе с тем, проблемы получения качественных биокompозитов связаны с неоднородностью дробления волокнистого сырья и обилием пороков ("шишек"), которые образуются при переработке лигнифицированных лубяных пучков из комлевой части льняного стебля. Вследствие плохой пропитки связующим они становятся причиной скрытых дефектов композитного материала [14], [15]. При этом присутствие лигнина обеспечивает биокompозитам многие полезные свойства, такие как антимикробная, антиоксидантная, фотостабилизирующая активность [15]. Для улучше-

ния этих характеристик текстиля из натуральных волокон рекомендуют дополнительное нанесение нанолигнинового покрытия, например, с использованием акрилового связующего [16], [17]. А в процессах объемной модификации полимерных композитов препаратами нанолигнина [18...20] прежде всего отмечают их высокую армирующую способность и повышение механических свойств, сопоставимое с действием минеральных нанонаполнителей.

Задачи настоящего исследования состояли в выявлении корреляций между содержанием лигнина в разных структурных зонах льноволокнистых материалов и их разрывными характеристиками, а также в обосновании приемов целенаправленного воздействия на биополимерную систему субстрата для повышения величины и равномерности прочностных показателей текстильных основ, используемых при создании льносодержащих биокompозитов.

Разработки базируются на результатах многолетних исследований взаимосвязи между качественными показателями волокнистого сырья, определяющими его перерабатываемость в текстильном производстве, и содержанием биополимеров в лубяных пучках селекционных сортов льна-долгунца с дифференциацией показателей для разных зон льняного стебля [21...23]. Для обеспечения равномерной структуры льняных ровингов, настилов или текстильных полотен целесообразно ослаблять связанность волокон в лубяных пучках. При этом прочность скрепления волокон в исходном сырье обусловлена параметрами его полимерного состава.

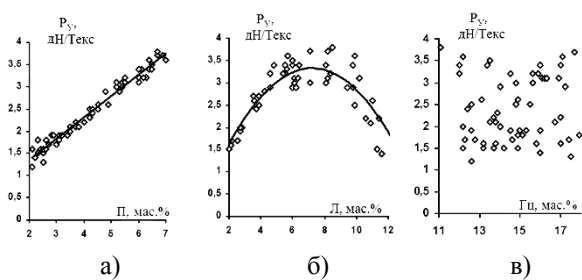


Рис. 1

На рис. 1 приведено сопоставление соответствующих значений удельного разрывного усилия льняных комплексов P_y и содержания пектинов П (а), лигнина Л (б) и гемицеллюлоз Гц (в) в образцах трепаного волокна. Несмотря на то, что уровень механической прочности волокон определяется совокупным влиянием всех компонентов биополимерной системы, представленные результаты позволяют проследить основ-

$$P_y = 0,1504 + 0,867 \cdot Л - 0,059 \cdot Л^2; R^2 = 0,7963.$$

Нет прямой корреляции между прочностью волокна и количеством гемицеллюлоз (рис. 1-в). Их роль удалось отразить при построении многопараметровой модели, описывающей комплексное влияние содержа-

$$P_y = 29,1085 + 0,0147 \cdot Ц^2 - 0,9098 \cdot Ц + 0,4504 \cdot П - 0,1302 \cdot Л^2 + 0,5126 \cdot Л; R = 0,9982.$$

Представление влияния целлюлозы полиномом 2-й степени оправдано и отражает спад P_y при снижении количества нецеллюлозных компонентов в инкрустах и межклетниках. Прирост P_y после экстремума попадает на область $Ц > 90\%$, что характерно для состояния элементарных волокон, которые обладают более высокими прочностными показателями в сравнении с комплексным волокном. Из зависимости следует, что при подготовке льняного сырья снижение показателя P_y достигается за счет уменьшения общего содержания примесей и пропорционально деструкции пектиновых веществ. Линейный и квадратичный члены, отражающие влияние лигнина, уравниваются друг друга при величине $Л = 4$ мас.%. При более высоких значениях Л проявляется негативное влияние жестко сшитых

ные тенденции изменения свойств материала при варьировании массовой доли полимерных спутников льняной целлюлозы.

Данные рис. 1-а свидетельствуют о наличии линейной корреляции величины P_y от массовой доли пектинов, являющихся клеящей основой связующих веществ в структуре лубяных пучков и элементарных волокон. Поскольку пектин необходим для скрепления волокон в структуре формируемой пряжи, рекомендуемый уровень его остаточного содержания при подготовке волокна к прядению составляет не менее 1,5 мас.% [25].

Совокупность данных рис. 1-б отражает тенденцию к экстремальному виду зависимости от массовой доли лигнина, которая может быть описана полиномом второй степени с достаточно высоким уровнем коэффициента детерминации R^2 :

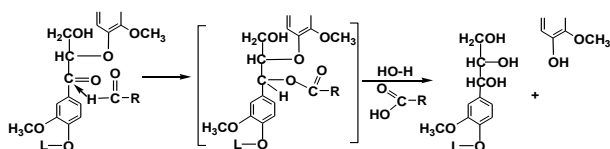
ния полимерных спутников целлюлозы на устойчивость льняных комплексов при растяжении с учетом варьирования массовой доли целлюлозы Ц:

сетчатых структур полимера в межволоконных одревеснениях. Поскольку такие зоны не деформируются при наложении растягивающих усилий, нагрузка концентрируется на соседних участках льняных комплексов, ускоряя их разрушение. При значениях $Л < 4$ мас.% преимущественную положительную роль играет лигнин клеточной стенки элементарных волокон, взаимодействующий с гемицеллюлозными соединениями с образованием не обладающих жесткостью лигноуглеводных комплексов.

Следовательно, деструкция лигниновых одревеснений при подготовке льняного сырья для текстильных основ композитных материалов может способствовать снижению непродуктивных потерь прочности волокнистого субстрата и улучшению равномерности его пропитки полимерным связую-

щим. При этом целесообразно максимально использовать позитивное влияние лигнина в структуре клеточной стенки элементарного волокна. Компромиссное решение задачи может обеспечить усовершенствование прорывного метода биобработки льняного сырья, который включает регулирующую ферментативную деструкцию полисахаридов, прежде всего, в поверхностном слое инкрустов и в межволоконных прослойках, а также использование продуктов ферментации для инициирования редокс-превращений лигнина [26...28].

Ранее установлено [29], [30], что моносахара, образующиеся при биодеструкции полиуглеводов льна, при нагревании в щелочной среде подвергаются реакции ретроальдольного распада и обеспечивают уровень ОВП, достаточный для восстановления карбонильных групп в макромолекулах лигнина. Реакция сопровождается дестабилизацией и разрывом прилегающей эфирной связи между фенилпропановыми звеньями полимера:



Контролируя размеры глобул применяемых ферментов, можно ограничить зону их действия областью межволоконных образований в сочетании с периферийным воздействием на элементарные волокна без диффузии вглубь клеточной стенки. При этом зонированная генерация восстанавливающих сахаров обеспечит пространственно локализованное протекание редокс-превращений лигнина только в объеме межклеточных одревеснений.

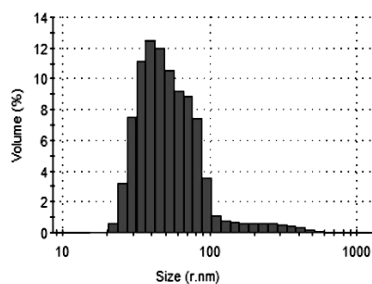


Рис. 2

Эффективность метода проверена при обработке ткани из сурового льноволокна арт. 07103 биопрепаратом, проявляющим преимущественно целлюлазную активность в сочетании с необходимым количеством гемицеллюлаз и пектиназ эндо- и экзогенного действия. Важнейшей характеристикой биопрепарата является размер глобул ферментов в растворе, оценка которого проведена методом динамического рассеяния света на анализаторе Zetasizer Nano ZS. На рис. 2 представлено распределение по размеру частиц относительного объема дисперсной фазы в гидрозоле биопрепарата. Суммарный объем фракций с размером частиц более 30 нм, неспособных проникать в мезопоровые пространства набухших элементарных волокон, составляет более 85 %, что обеспечивает преимущественное расщепление инкрустов и межклеточных образований связующих веществ, окружающих лигниновые одревеснения лубяных пучков.

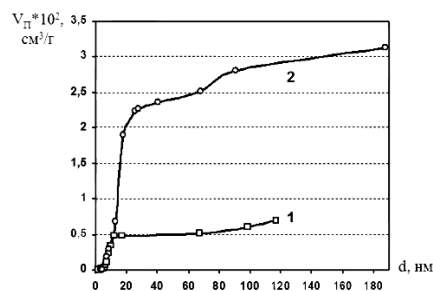


Рис. 3

Основной задачей биоподготовки волокнистого материала является развитие поровой структуры для улучшения его пропитки полимерным связующим. Необходимость модифицирующей обработки иллюстрируют данные рис. 3, на котором показано распределение по диаметру пор d суммарной величины внутреннего свободного объема V_{Π} в волокне исходной льняной ткани (1) и после ее биомодификации (2). Оценка проведена методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота на газовом сорбционном анализаторе NOVA Series 1200e.

Согласно классификации пор, принятой Международным союзом по теоретической и прикладной химии (IUPAC) [31], поровую

систему в исходном волокне (кр. 1) формируют три вида образований: субмикронные поры с поперечными размерами менее 3 нм, мезопоры с диаметром 7...15 нм, а также макропоры пространства с размерами более 90 нм. Согласно современным представлениям о строении клеточной стенки льняного волокна [11...13] поры субмикронного диапазона, объем которых не превышает $1 \cdot 10^{-4}$ см³/г, так же, как и мезопоры (V_{II} менее $5 \cdot 10^{-3}$ см³/г) дислоцированы в основном G-слое вторичной клеточной стенки волокна. Данный компонент внутреннего свободного объема малодоступен для проникновения полимерного связующего даже в условиях получения композитного материала методом вакуумной инфузии. Макропоры составляют образуют пустоты в наружном PW-слое первичной клеточной стенки, в котором массовая доля пектиновых веществ и гемицеллюлоз составляет более 60 % [32], [33]. Предельное значение диаметра макропоры образований составляет 117 нм.

Воздействие биокатализаторов обеспечивает формирование дополнительного числа пустот мезопорового диапазона. Суммарный объем мезопор, доступных для связующего, увеличен в 4 раза. При этом воздействие целлюлаз на поверхность волокна обеспечивает эффективное развитие макропоры системы первичной клеточ-

ной стенки. Предельное значение диаметра пор возросло после биомодификации до 187 нм.

В отличие от биообработки льняной ровницы при подготовке к прядению [28], осуществляемой при больших значениях жидкостного модуля для извлечения примесей из материала, модификацию льняной ткани проводили путем пропитки раствором биопрепарата, отжима и выдержки мокроотжатых образцов в закрытых бюксах при 40°C в течение 90 мин для протекания биокатализируемых процессов. Далее образцы обрабатывали в среде насыщенного водяного пара в течение 20 мин. В этих условиях бикарбонат натрия, используемый в качестве потенциального щелочного агента, обеспечивает повышение щелочности до 11 ед. рН, что необходимо для инициирования редокс-превращений лигнина под действием образующихся продуктов деструкции полисахаридов льняного волокна. На рис. 4 приведена схема трансформации фрагмента макромолекулы лигнина при биохимической модификации льняной ткани. Механизм деполимеризации лигнина, иницируемой восстановлением карбонильных групп, подтвержден результатами ИК-спектроскопических исследований [34].

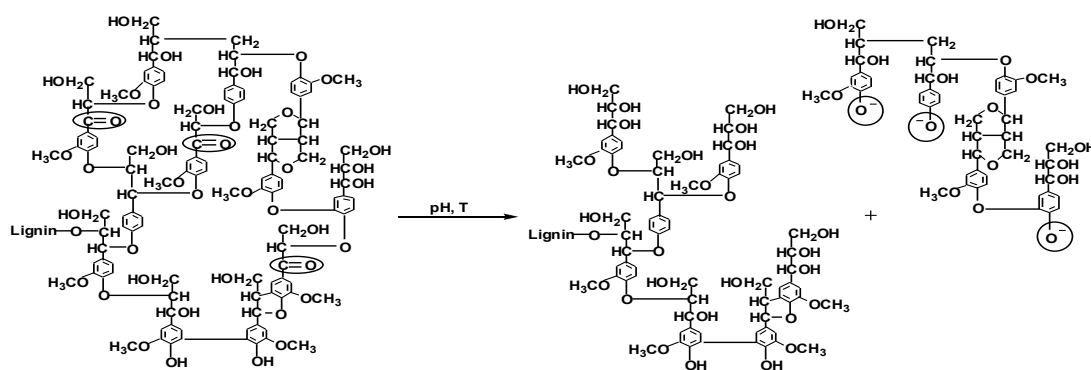


Рис. 4

Подвергающиеся восстановлению карбонильные группы присутствуют в 20% общего числа структурных единиц полимера. В результате разрыва большого количества прилегающих к карбонилам эфирных связей происходит распад лигниновых структур с образованием множества малогаба-

ритных олигомерных фрагментов. Благодаря образованию дополнительных фенольных гидроксидов, ионизирующихся в щелочной среде, олигомерные частицы приобретают растворимость и диффузионную подвижность в растворе, заполняющем капиллярную систему волокна, а также вы-

сокую реакционную способность для взаимодействия, например, со спиртовыми гидроксилами гемицеллюлозных соединений, либо, как вариант, с функциональными группировками вводимых в волокно полимерных дисперсий.

Экспериментально установлено [35], что биомодифицированный лигнин теряет присущую макрочастицам цветность в видимом диапазоне с повышением в 4 раза поглотительной способности в физиологически опасном диапазоне УФ-излучения 200...280 нм. Следовательно, образующиеся наноразмерные продукты деполимеризации лигнина при проникновении в структуру элементарных волокон могут выполнять дополнительные функции армирующего и фотостабилизирующего нанонаполнителя. Предположение подтверждено результатами

оценки постадийного изменения механических свойств льняной ткани в ходе биомодифицирующей обработки и при последующем УФ-облучении, суммированными в таблице.

Первая стадия биообработки без воздействия на лигниновые одревеснения понижает величину разрывной нагрузки на 28...44%. При этом показатель неоднородности прочностных свойств в структуре полотна возрастает в 1,3 раза. Деполимеризация лигнина не только компенсирует ослабление связанности волокон при биодеструкции межклеточных связующих веществ, но и благодаря дополнительному армированию волокна повышает разрывную нагрузку ткани в 1,4...1,7 раза при снижении коэффициента вариации показателя в 2...2,7 раза.

Т а б л и ц а 1

Условия обработки образцов ткани			Разрывная нагрузка, сН		Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	
вид обработки	стадия	длительность, ч	основа	уток	основа	уток
исходная ткань			785	774	21,1	20,9
биомодификация	ферментация	1,5	612	539	27,8	27,5
	запаривание	0,33	869	790	11,5	10,4
УФ-обработка	после ферментации	96	594	471	—	—
		192	533	384	—	—
	после запаривания	96	866	786	—	—
		192	858	767	—	—

Упрочняющую роль деполимеризованного лигнина демонстрируют данные об усилении их фотостабилизирующего влияния. Для оценки адаптирован стандартный метод испытания устойчивости окраски текстильных материалов к свету (ГОСТ 9733.1–91). Обработку образцов осуществляли в аппаратах искусственной погоды АИП-К-16 с ксеноновыми излучателями при интенсивности УФ-излучения 35 Вт/м². Длительность инсоляции составляла 4 и 8 суток.

Проведение УФ-обработки образцов ткани, прошедших только первую стадию биомодификации, вызывает снижение прочности материала в 1,03...1,4 раза. Следовательно, сетчатые структуры лигниновых одревеснений не обладают УФ-поглотительной способностью. При этом после полного цикла биомодификации ткань обладает высокой светостойкостью, и макси-

мальное снижение разрывной нагрузки образцов не превышает 3%.

В Ы В О Д Ы

1. По результатам экспериментальных исследований получена корреляционная зависимость влияния полимерного состава трепанного льняного волокна на усилие разрыва льняных комплексов, которая отражает негативную роль лигнина в межволоконных одревеснениях лубяных пучков и упрочняющее влияние полимера в структуре клеточной стенки элементарных волокон.

2. Получено подтверждение эффективного развития мезопоровой системы льняного волокна при биохимической модификации полиферментной композицией карбогидраз с размером глобулы ферментов более 30 нм, что необходимо для улучше-

ния пропитки материала полимерным связующим.

3. Деполимеризация лигниновых одревеснений в условиях предложенного режима биохимической модификации льняной ткани обеспечивает повышение величины и равномерности прочностных показателей текстильной основы биокompозитов и их фотостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar V.V., Balaganesan G., Lee J.K.Y. et al. A review of recent advances in nanoengineered polymer composites // *Polymers (Basel)*. – 2019. V. 11. № 4. E644. DOI: 10.3390/polym11040644.

2. Fernandes F.A.O., Alves de Sousa R.J., Pereira A.B. Manufacturing and testing composites based on natural materials // *Procedia Manuf.* – 2017. V. 13. P.227...234. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.09.055

3. Ilyas R.A., Sapuan S.M. The preparation methods and processing of natural fibre bio-polymer composites // *Curr. Org. Synth.* – 2019. V. 16. P. 1068...1070. DOI: 10.2174/157017941608200120105616

4. Fijul Kabir S.M., Mathur K., Seyam A.F.M. Impact resistance and failure mechanism of 3D printed continuous fiber-reinforced cellular composites // *J. Text. Inst.* – 2020. V. 112. N 2. P. 1...15. DOI: 10.1080/00405000.2020.1778223

5. Kovacs G. Elaboration of design and optimization methods for a newly developed CFRP sandwich-like structure validated by experimental measurements and finite element analysis // *Polymers*. – 2021. V. 13. N 24. 4348. DOI: 10.3390/polym13244348

6. Sanjay M.R., Siengchin S., Parameswaranpillai J. et al. Lignocellulosic fiber reinforced composites: Progress, performance, properties, applications, and future perspectives // *Polym. Compos.* – 2021. V. 42. № 4. P. 1588...1630. DOI: 10.1002/pc.26413

7. Роговина С.З., Прут Э.В., Берлин А.А. Композиционные материалы на основе синтетических полимеров, армированных волокнами природного происхождения // *Высокомолекулярные соединения. Сер. А*. – 2019. Т. 61. № 4. С. 291...315. DOI: 10.1134/S2308112019040084

8. Peças P., Carvalho H., Salman H. et al. Natural fibre composites and their applications: A review // *J. Compos. Sci.* – 2018. V. 2. № 4. P. 66...85. DOI: 10.3390/jcs2040066

9. Keya K.N., Kona N.A., Koly F.A. et al. Natural fiber reinforced polymer composites: history, types, advantages and applications // *Mater. Eng. Res.* – 2019. V.1. № 2. P. 69...87. DOI: 10.25082/MER.2019.02.006

10. Singh P., Singari R.M., Mishra R.S. et al. A review on recent development on polymeric hybrid composite and analysis of their enhanced mechanical performance // *Materials Today: Proceedings*. – 2022. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.12.443

11. Goudenhoft C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for composite reinforcement: Exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties // *Front Plant Sci.* – 2019. V. 10. № 411. P. 1...23. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411

12. Rihouey C., Paynel F., Gorshkova T. et al. Flax fibers: assessing the non-cellulosic polysaccharides and an approach to supramolecular design of the cell wall // *Cellulose*. – 2017. V. 24. P. 1985...2001. DOI: 10.1007/s10570-017-1246-5

13. Richely E., Bourmaud A., Placet V. et al. A critical review of the ultrastructure, mechanics and modelling of flax fibres and their defects // *Prog. Mater. Sci.* – 2021. V. 124. № 1. 100851. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2021.100851

14. Алеева С.В., Кокиаров С.А. Влияние химических способов подготовки льняного волокна на свойства формируемой пряжи // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2015, № 6. С.94...98.

15. Кокиаров С.А., Корнилова Н.Л., Никуфорова Е.Н. и др. Научно-техническая интеграция как основа формирования кросс-функциональных инновационных проектов // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2019, № 2. С.202...209.

16. Laurichesse S., Avérous L. Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers // *Pro. Polym. Sci.* – 2014. V. 39. P. 1266...1290. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2013.11.004

17. Zimmiewska M., Batog J., Bogacz E. et al. Functionalization of natural fibres textiles by improvement of nanoparticles // *J. Fiber Bioeng. Inform.* – 2012. V. 5. P.321...339. DOI:10.3993/JFBI09201210

18. Juikar S.J., Vigneshwaran N. Microbial production of coconut fiber nanolignin for application onto cotton and linen fabrics to impart multifunctional properties // *Surf. Interfaces*. – 2017. V. 9. P. 147...153. DOI: 10.1016/J. SURFIN.2017.09

19. Zhang Z., Terrason V., Guénin E. Lignin Nanoparticles and Their Nanocomposites // *Nanomaterials*. – 2021. V. 11. 1336. DOI: 10.3390/nano11051336

20. Acha V. Synthesis of Nanolignin Following Ozonation of Lignocellulosic Biomass // *Nanotechnol. Adv. Mater. Sci.* – 2019, V. 2. N 4. P 1...3. DOI: 10.31038/NAMS.2019244

21. Hussin M., Appaturi J., Poh N. et al. A recent advancement on preparation, characterization and application of nanolignin // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2022. V.200. P. 303...326. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.01.007

22. Кокиаров С.А., Алеева С.В., Кудряшова Т.А. и др. Свойства льняного волокна селекционного сорта льна-долгунца "А-93" с опытных участков в Тверской и Костромской областях // *Химия растительного сырья*. – 2008, № 3. С. 51...54.

23. Кудряшов А.Ю., Кокиаров С.А., Пашин Е.Л. Влияние селекционного сорта, способа получения и зоны по длине стебля на изменчивость химического состава льняного волокна // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2009, № 5. С. 3...5.

24. Алеева С.В., Кокишаров С.А., Кудряшов А.Ю. и др. Полимерный состав трепаного льняного волокна селекционных сортов льна-долгунца "Зарянка" и "Могилевский-2" // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2011. Т. 54. № 6. С. 93...96.

25. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning // *Autex Res. J.* – 2015. V. 15. № 3. P. 215...225. DOI: 10.1515/aut-2015-0003

26. Алеева С.В., Кокишаров С.А. Химия и технология биокатализируемого наноконструирования льняных текстильных материалов // Российский химический журнал. – 2011. Т. LV. № 3. С. 46...58.

27. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокишаров С.А. Анализ химических превращений лигнина в щелочных растворах моносахаридов // Химия растительного сырья. – 2013, № 1. С. 47...52. DOI: 10.14258/jcprm.1301047

28. Патент RU 2366771. Способ ферментативно-пероксидной подготовки к прядению высоколигнифицированной льняной ровницы / С.А. Кокишаров, С.В. Алеева, О.В. Лепилова // Опубл. 10.09.2009. БИ № 25.

29. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокишаров С.А. Сопоставление редуцирующей способности растворов альдоз // Журнал органической химии. – 2012. Т. 48. №1. С. 88...93.

30. Lepilova O., Spigno G., Aleeva S. et al. Study of the ability of reducing saccharides to chemically transform lignin // *Eurasian Chemical-Technological Journal.* – 2017. V. 19. №1. P. 31-40. DOI: 10.18321/ectj500

31. IUPAC Compendium of Chemical Terminology. Version 2.3.2. 2012-08-19. <http://www.iupac.org/>

32. Mellerowicz E.J., Gorshkova T.A. Tensional stress generation in gelatinous fibres: a review and possible mechanism based on cell-wall structure and composition // *J. Exp. Bot.* – 2012. V. 63. P. 551...565. DOI: 10.1093/jxb/err339

33. Andème-Onzighi C., Girault R., His I. et al. Immunocytochemical characterization of early-developing flax fiber cell walls // *Protoplasma.* – 2000. V. 213. P.235...245. DOI: 10.1007/BF01282161

34. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокишаров С.А. Исследование восстановительной деструкции лигнина методом ИК-спектроскопии // Журнал прикладной спектроскопии. – 2020. Т. 87. № 5. С.694...699.

35. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокишаров С.А. Химические превращения лигнина льняной костры под действием продуктов ферментации полисахаридов // Журнал прикладной спектроскопии. – 2021. Т.88. № 4. С. 603...610.

REFERENCES

1. Kumar V.V., Balaganesan G., Lee J.K.Y. et al. A review of recent advances in nanoengineered polymer composites // *Polymers (Basel).* – 2019. V. 11. № 4. E644. DOI: 10.3390/polym11040644.

2. Fernandes F.A.O., Alves de Sousa R.J., Pereira A.B. Manufacturing and testing composites based on natural materials // *Procedia Manuf.* – 2017. V. 13. P.227...234. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.09.055

3. Ilyas R.A., Sapuan S.M. The preparation methods and processing of natural fibre biopolymer composites // *Curr. Org. Synth.* – 2019. V. 16. P. 1068...1070. DOI: 10.2174/157017941608200120105616

4. Fijul Kabir S.M., Mathur K., Seyam A.F.M. Impact resistance and failure mechanism of 3D printed continuous fiber-reinforced cellular composites // *J. Text. Inst.* – 2020. V. 112. N 2. P. 1...15. DOI: 10.1080/00405000.2020.1778223

5. Kovacs G. Elaboration of design and optimization methods for a newly developed CFRP sandwich-like structure validated by experimental measurements and finite element analysis // *Polymers.* – 2021. V. 13. N 24. 4348. DOI: 10.3390/polym13244348

6. Sanjay M.R., Siengchin S., Parameswaranpillai J. et al. Lignocellulosic fiber reinforced composites: Progress, performance, properties, applications, and future perspectives // *Polym. Compos.* – 2021. V. 42. №4. P. 1588...1630. DOI: 10.1002/pc.26413

7. Rogovina S.Z., Prut E.V., Berlin A.A. Kompozicionnye materialy na osnove sinteticheskikh polimerov, armirovannyh voloknami prirodnogo proiskhozhdeniya // *Vysokomolekulyarnye soedineniya. Ser. A.* – 2019. T. 61. № 4. S. 291...315. DOI: 10.1134/S2308112019040084

8. Peças P., Carvalho H., Salman H. et al. Natural fibre composites and their applications: A review // *J. Compos. Sci.* – 2018. V. 2. № 4. P. 66...85. DOI: 10.3390/jcs2040066

9. Keya K.N., Kona N.A., Koly F.A. et al. Natural fiber reinforced polymer composites: history, types, advantages and applications // *Mater. Eng. Res.* – 2019. V.1. № 2. P. 69...87. DOI: 10.25082/MER.2019.02.006

10. Singh P., Singari R.M., Mishra R.S. et al. A review on recent development on polymeric hybrid composite and analysis of their enhanced mechanical performance // *Materials Today: Proceedings.* – 2022. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.12.443

11. Goudenhoft C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for composite reinforcement: Exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties // *Front Plant Sci.* – 2019. V. 10. № 411. P. 1...23. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411

12. Rihouey C., Paynel F., Gorshkova T. et al. Flax fibers: assessing the non-cellulosic polysaccharides and an approach to supramolecular design of the cell wall // *Cellulose.* – 2017. V. 24. P. 1985...2001. DOI: 10.1007/s10570-017-1246-5

13. Richely E., Bourmaud A., Placet V. et al. A critical review of the ultrastructure, mechanics and modelling of flax fibres and their defects // *Prog. Mater. Sci.* – 2021. V. 124. № 1. 100851. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2021.100851

14. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Vliyanie himicheskikh sposobov podgotovki l'nyanogo volokna na svoystva formiruemoy pryazhi // *Izvestiya Vysshikh*

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 6. S.94...98.

15. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Nikiforova E.N. i dr. Nauchno-tekhnicheskaya integraciya kak osnova formirovaniya kross-funktional'nyh innovacionnyh projektov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 2. S.202...209.

16. Laurichesse S., Avérous L. Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers // Pro. Polym. Sci. – 2014. V. 39. P. 1266...1290. DOI: 10.1016/j.propolymsci.2013.11.004

17. Zimniewska M., Batog J., Bogacz E. et al. Functionalization of natural fibres textiles by improvement of nanoparticles // J. Fiber Bioeng. Inform. – 2012. V. 5. P.321...339. DOI:10.3993/JFBI09201210

18. Juikar S.J., Vigneshwaran N. Microbial production of coconut fiber nanolignin for application onto cotton and linen fabrics to impart multifunctional properties // Surf. Interfaces. – 2017. V. 9. P. 147...153. DOI: 10.1016/J. SURFIN.2017.09

19. Zhang Z., Terrasson V., Guénin E. Lignin Nanoparticles and Their Nanocomposites // Nanomaterials. – 2021. V. 11. 1336. DOI: 10.3390/nano11051336

20. Acha V. Synthesis of Nanolignin Following Ozonation of Lignocellulosic Biomass // Nanotechnol. Adv. Mater. Sci. – 2019, V. 2. N 4. P 1...3. DOI: 10.31038/NAMS.2019244

21. Hussin M., Appaturi J., Poh N. et al. A recent advancement on preparation, characterization and application of nanolignin // Int. J. Biol. Macromol. – 2022. V.200. P. 303...326. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.01.007

22. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Kudryashova T.A. i dr. Svoystva l'nyanogo volokna selekcionnogo sorta l'na-dolgunca "A-93" s opytnyh uchastkov v Tverskoj i Kostromskoj oblastyah // Himiya rasti-tel'nogo syr'ya. – 2008, № 3. S. 51...54.

23. Kudryashov A.YU., Koksharov S.A., Pashin E.L. Vliyanie selekcionnogo sorta, sposoba polucheniya i zony po dline steblya na izmenchivost' himicheskogo sostava l'nyanogo volokna // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2009, № 5. S. 3...5.

24. Aleeva S.V., Koksharov S.A., Kudryashov A.YU. i dr. Polimernyj sostav trepanogo l'nyanogo volokna selekcionnyh sortov l'na-dolgunca "Zaryanka" i "Mogilevskij-2" // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2011. T. 54. № 6. S. 93...96.

25. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in

the processes of its preparation for spinning // Autex Res. J. – 2015. V. 15. № 3. P. 215...225. DOI: 10.1515/aut-2015-0003

26. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Himiya i tekhnologiya biokataliziruemogo nanokonstruirovaniya l'nyanyh tekstil'nyh materialov // Rossijskij himicheskij zhurnal. – 2011. T. LV. № 3. S. 46...58.

27. Lepilova O.V., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Analiz himicheskij prevrashchenij lignina v shchelochnyh rastvorah monosaharidov // Himiya rasti-tel'nogo syr'ya. – 2013, № 1. S. 47...52. DOI: 10.14258/jcprm.1301047

28. Patent RU 2366771. Sposob fermentativno-peroksidnoj podgotovki k pryadeniyu vysokolignificirovannoj l'nyanoj rovnicy / S.A. Koksharov, S.V. Aleeva, O.V. Lepilova // Opubl. 10.09.2009. BI № 25.

29. Lepilova O.V., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Sopostavlenie reduciruyushchej sposobnosti rastvorov al'doz // ZHurnal organicheskoy himii. – 2012. T.48. №1. C. 88...93.

30. Lepilova O., Spigno G., Aleeva S. et al. Study of the ability of reducing saccharides to chemically transform lignin // Eurasian Chemical-Technological Journal. – 2017. V. 19. №1. P. 31-40. DOI: 10.18321/ectj500

31. IUPAC Compendium of Chemical Terminology. Version 2.3.2. 2012-08-19. <http://www.iupac.org/>

32. Mellerowicz E.J., Gorshkova T.A. Tensional stress generation in gelatinous fibres: a review and possible mechanism based on cell-wall structure and composition // J. Exp. Bot. – 2012. V. 63. P. 551...565. DOI: 10.1093/jxb/err339

33. Andème-Onzighi C., Girault R., His I. et al. Immunocytochemical characterization of early-developing flax fiber cell walls // Protoplasma. – 2000. V. 213. P.235...245. DOI: 10.1007/BF01282161

34. Aleeva S.V., Lepilova O.V., Koksharov S.A. Issledovanie vosstanovitel'noj destrukcii lignina metodom IK-spektroskopii // ZHurnal prikladnoj spektroskopii. – 2020. T. 87. № 5. S.694...699.

35. Aleeva S.V., Lepilova O.V., Koksharov S.A. Himicheskije prevrashcheniya lignina l'nyanoj kostry pod dejstviem produktov fermentacii polisaharidov // ZHurnal prikladnoj spektroskopii. – 2021. T.88. № 4. S. 603...610.

Рекомендована Ученым советом ИХР им. Г.А. Крестова РАН. Поступила 17.03.22.

УДК 628.511

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_270

СОРНЫЕ ПРИМЕСИ В ТЕКСТИЛЬНОМ СЫРЬЕ (ЛЬНЕ, ХЛОПКЕ, ШЕРСТИ)

WEED IMPURITIES IN TEXTILE RAW MATERIALS (FLAX, COTTON, WOOL)

А.М. ЩЕПОЧКИН, Ю.А. ЩЕПОЧКИНА

A.M. SHCHEROSHKIN, YU.A. SHCHEROSHKINA

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru

Приведены отдельные сравнительные данные советского периода и современные данные, касающиеся содержания сорных примесей в льне, хлопке, шерсти.

Приведенные данные могут способствовать выбору наиболее рациональных технологий переработки сырья.

Separate comparative data of the Soviet period and modern data concerning the content of weed impurities in flax, cotton, wool are presented.

These data can contribute to the selection of the most rational technologies for processing raw materials.

Ключевые слова: текстильное сырье, сорные примеси.

Keywords: textile raw materials, weed impurities.

В текстильной промышленности всегда большое внимание уделялось качеству сырьевого материала, в том числе содержанию в нем сорных примесей, которые отрицательно влияют на технологический процесс, работу оборудования, ухудшают условия труда [1]. Можно отметить, что проблема наличия минеральных и органических примесей в текстильном сырье была актуальна еще в бывшем СССР. Прошло время, сейчас многие предприятия, перера-

батывавшие лен, хлопок, шерсть, прекратили свою деятельность или перепрофилированы, некоторые продолжают работать, возникли новые предприятия, изменились технологии заготовки и обработки сырья, организации производства, а проблема осталась. Заметим, что в Российскую Федерацию завозится 100 % хлопкового сырья, 85 % шерсти [2]. Выращивается и обрабатывается лен.

Для сравнения с современными дан-

ными предприятий, перерабатывающих сырье (лен, хлопок, шерсть), значительный интерес может представлять цифровой материал, касающийся содержания сорных примесей в сырье, поступавшем на предприятия бывшего СССР. В рамках этой тематики рассмотрим период начала 80-х годов XX века, поскольку это были годы бурного развития текстильной промышленности практически во всех союзных республиках страны.

С целью выявления содержания минеральных и органических примесей в текстильном сырье в 1983 г. был проведен опрос ряда предприятий и организаций страны. Полученные в письмах-ответах данные приведены ниже.

Лен. Большинство льнозаводов страны использовало сырье механизированной (комбайновой) уборки, которое, как правило, имело повышенное содержание сорных примесей. Лишь на отдельных предприятиях этот показатель был невелик. Так, на Угличском льнозаводе, входящем в состав Ярославского производственного объединения по заготовкам и первичной обработке льна, содержание почвенных включений в сырье, поступающем на переработку, не превышало 2 %. Содержание минеральных и органических примесей в сырье, поступавшем на Паневежское ордена Дружбы народов производственное льняное объединение "Линас", колебалось в пределах 3,8...4,5%. Сорные примеси в льняном сырье комбайновой уборки на Калужском производственном объединении по заготовкам и первичной обработке льна и конопли составляли до 5...6%. Сырье, поступавшее после механизированной уборки на Кореличский льнозавод Гродненского производственного объединения, имело примерное содержание почвенных включений (пыли, земли, камешков) до 8%. Сырье комбайновой уборки, поступавшее на Елгавское производственное льняное объединение "Латвияс лини", содержало 8...10% почвенных включений (пыли, земли, камешков). Содержание посторонних включений (корни и сорняки) в сырье, поступавшем на переработку на льно-прядельно-ткацкую фабрику им. ВЦИК, входившую в состав

Владимирского государственного промышленного объединения по производству льняных тканей, составляло 11 %. По данным Горьковского производственного объединения по заготовкам и первичной обработке льна и конопли, примерное содержание почвенных включений (пыли, земли, камешков) в сырье, поступающем на переработку, достигало 10...15 %. Содержание минеральных примесей в сырье, перерабатывавшемся на Пярнуском льнокомбинате, составляло 16...20 %.

Хлопок. По данным Министерства хлопкоочистительной промышленности Туркменской ССР содержание минеральных и органических примесей в хлопке-сырце всех сортов и разновидностей составляло 9,3 %. Содержание минеральных примесей в хлопке-сырце, по данным Министерства хлопкоочистительной промышленности Азербайджанской ССР, достигало: по ручному сбору 10 %; по машинному сбору 10,1%.

Шерсть. На фабрике первичной обработки шерсти "Ригас текстиле" Рижского производственного шерстяного объединения, содержание минеральных примесей в мытой шерсти для гребенного прядения колебалось в пределах 1,5...3%, а приготовительных отделах аппаратно-прядельного производства 1,8...5,5%. На Брестское производственное ковровосуконное объединение поступало сырье с содержанием пыли 2,2%. Содержание пыли в шерсти, поступавшей на Бакинский камвольный комбинат, доходило до 5...6%, а содержание растительных примесей редко превышало 5 %. По данным Омской фабрики первичной обработки шерсти, примерное содержание минеральных примесей вместе с мелким растительным сором и кормовыми остатками составляло: по тонкой шерсти 20...25 %; по полутонкой шерсти 15...20 %; по полугрубой шерсти 10...15 %; в низших сортах 45...50 %; в импортной шерсти 3...5 %. В сырье, перерабатывавшемся на Джамбульской фабрике первичной обработки шерсти, содержание минеральных примесей находилось в пределах 5...35%. Количество минеральных примесей в сырье, поступавшем на Семипалатинскую фабрику

первичной обработки шерсти, составляло, по данным предприятия в среднем 45%. На Борской фабрике первичной обработки шерсти содержание минеральных примесей в невыттой шерсти составляло: по мериносу отечественному 18...40%; по помесной тонкой шерсти 28...30%; по полутонкой шерсти 19...20%; по полугрубой шерсти 14...17%; по грубой шерсти 4...11%; в низших сортах 60...70%.

В Российской Федерации работает более 60 льнозаводов [3]. Заметим, что в системе Госагропрома СССР имелось 362 льнозавода. Сырье, как и в советский период, нередко загрязнено почвенными включениями.

Современные показатели, касающиеся содержания сорных примесей в хлопке машинного сбора, практически соответствуют показателям советского периода. Так, по данным Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауезова, содержание сорных примесей в сырье составляет 6,5...11,6 % [4]. Содержание сорных примесей в хлопке-сырце ручного сбора отличается от приведенных выше показателей советского периода почти в два раза. Например, по данным Ташкентского института текстильной и легкой промышленности содержание сорных примесей в хлопке-сырце ручного сбора составляет 4,7...5,7 % [5], [6].

Содержание минеральных и органических примесей в овечьей шерсти, по данным Алматинского технологического университета, в ряде случаев превышало 60 % [7]. Это сопоставимо с показателями загрязненности шерсти низших сортов, поступавшей на предприятия СССР. Отметим, что на овечью шерсть приходится более 90 % всей шерсти, используемой в промышленности Республики Казахстан [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Щепочкин А.М. Текстильная пыль в технологии хлопка, льна, шерсти. – Иваново: ИГТА, 2004.
2. Попович Ю.В. Принципы инновационного развития легкой промышленности Российской Федерации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 13...17.
3. Новиков Э.В., Королева Е.Н., Безбабченко А.В., Ушаповский И.В. Анализ эффективности

первичной переработки льносырья в Российской Федерации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 3. С. 35...40.

4. Калдыбаев Р.Т., Ташменов Р.С., Юсупов Ш., Калдыбаева Г.Ю., Коньсбеков С.М. Исследование количественного и качественного содержания сорных примесей в хлопке-сырце для различных селекций хлопка в зависимости от районов произрастания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 3. С. 89...94.

5. Росулов Р.Х. Влияние жесткости крепления колков очистителя хлопка-сырца на очистительный эффект // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 119...122.

6. Ташпулатов Д.С., Плеханов А.Ф., Мадумаров И.Д. Разработка очистительной колосниковой решетки из многогранных колосников для агрегата УХК по очистке хлопка-сырца от крупного сора // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы // Сб. мат. XXIII Междунар. науч.-практ. форума "SMARTEX-2020". – Иваново: ИВГПУ, 2020. С.120...123.

7. Джуриная И.М., Отынишиев М.Б., Абдыкаримов Т.Н. О переработке полугрубой и грубой овечьей шерсти по гребенной системе прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 2. С. 51...54.

8. Смагулова К.Р., Досымова О.Ж., Джоланов Е.Е., Кадирбекова А.А. Развитие текстильной промышленности в Казахстане на базе перспективного овцеводства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 2. С. 31...35.

REFERENCES

1. SHЧепochkin A.M. Tekstil'naya pyl' v tekhnologii hlopka, l'na, shersti. – Ivanovo: IGTA, 2004.
2. Popovich YU.V. Principy innovacionnogo razvitiya legkoj promyshlennosti Rossijskoj Federacii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.– 2015, №2. S. 13...17.
3. Novikov E.V., Koroleva E.N., Bezbabchenko A.V., Ushchapovskij I.V. Analiz effektivnosti pervichnoj pererabotki l'nosyr'ya v Rossijskoj Federacii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2014, № 3. S. 35...40.
4. Kaldybaev R.T., Tashmenov R.S., YUsupov SH., Kaldybaeva G.YU., Konysbekov S.M. Issledovanie kolichestvennogo i kachestvennogo soderzhaniya sornykh primesej v hlopke-syrce dlya razlichnykh selekcij hlopka v zavisimosti ot rajonov proizrastaniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, № 3. S. 89...94.
5. Rosulov R.H. Vliyanie zhestkosti krepleniya kolkov ochistitelya hlopka-syrca na ochistitel'-nyj effekt // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, № 1. S. 119...122.

6. Tashpulatov D.S., Plekhanov A.F., Madumarov I.D. Razrabotka ochistitel'noj kolosnikovoj reshetki iz mnogogrannykh kolosnikov dlya agregata UHK po ochistke hlopka- syrca ot krupnogo sora // Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy // Sb. mat. XXIII Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma "SMARTEX- 2020". – Ivanovo: IVGPU, 2020. S.120...123.

7. Dzhurinskaya I.M., Otyunshiev M.B., Abdykarimov T.N. O pererabotke polugruboj i gruboj ovech'ej shersti po grebennoj sisteme pryadeniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya

Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. –2015, № 2. S. 51...54.

8. Smagulova K.R., Dosymova O.ZH., Dzholanov E.E., Kadirbekova A.A. Razvitie tekstil'noj promyshlennosti v Kazahstane na baze perspektivnogo ovcevodstva // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 2. S. 31...35.

Поступила 07.10.21.

УДК 641. 1.

DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_273

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТИЛЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В РЕЗИНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

APPLICATION OF TEXTILE-CONTAINING WASTES IN THE RUBBER INDUSTRY

Г.Ф. САГИТОВА, В.М. ДЖАНПАИЗОВА, Т.У. ТОГАТАЕВ,
А.А. ЕШЖАНОВ, А.С. САДЫРБАЕВА, Ж.К. ШУХАНОВА

G.F. SAGITOVA, V.M. JANPAIZOVA, T.U. TOGATAEV,
A.A. ESHZHANOV, A.S. SADYRBAYEVA, ZH.K. SHUKHANOVA

(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)

(M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: guzalita.f1978@mail.ru

В статье показаны результаты использования отходов текстильного производства, образующихся в больших количествах. Переработка отходов и создание безотходной технологии является весьма актуальными. В данной работе в качестве отходов полиакрилонитрильных волокон использовали влажные отходы волокна нитрон. Путем модификации гидролизованых отходов волокна нитрон разработано поверхностно-активное вещество этиленпропилен, модифицированный полиакрилонитрилом, которое использовали в пропиточном составе для повышения прочностной связи текстильного корда с резиной. В статье приведены результаты испытаний для определения прочностных характеристик обрешиненных текстильных кордов в зависимости от рецептуры пропиточного состава. При введении поверхностно-активного вещества этиленпропиленЮ, модифицированного полиакрилонитрилом, наблюдается увеличение адгезии резины к капроновому текстильному корду, и максимум достигается при дозировке 4,3% масс. ч. Стабильность связи обеспечивается за счет физических связей между различными функциональными группами каучука и обработанного текстильного корда. В ходе исследования установлено, что введение

этиленпропилена, модифицированного полиакрилонитрилом, в состав пропитки приводит к образованию химических связей между эластомерной матрицей резиновых смесей и пропиточным кордом, которые повышают прочность сцепления. Проведенные исследования показывают перспективность использования водорастворимого полимера этиленпропилена, модифицированного полиакрилонитрилом, с высокой поверхностной активностью в пропиточном составе.

The article shows the results of the use of textile production wastes generated in large quantities. Waste recycling and the creation of waste-free technology is very relevant. In this work, wet Nitron fiber waste was used as a waste of polyacrylonitrile fibers. By modifying hydrolyzed Nitron fiber waste, the surfactant ethylene propylene polyacrylonitrile modified was developed, which was used in the impregnation compound to increase the strength bond of textile cord with rubber. The article also presents the results of tests to determine the strength characteristics of rubberized textile cords depending on the formulation of the impregnation compound. With the introduction of the surfactant ethylene propylene polyacrylonitrile modified there is an increase in the adhesion of rubber to nylon textile cord and the maximum is achieved at a dosage of 4.3% by weight. The stability of the bond is ensured by the physical connections between the various functional groups of rubber and processed textile cord. The study found that the introduction of ethylene propylene polyacrylonitrile modified into the impregnation leads to the formation of chemical bonds between the elastomeric matrix of rubber compounds and the impregnation cord, which increases the adhesion strength. The conducted studies show the prospects of using a water-soluble polymer of ethylene propylene polyacrylonitrile modified with high surface activity in the impregnation compound.

Ключевые слова: текстильная промышленность, отходы текстильной промышленности, резиновая смесь, искусственные волокна, резино-технические изделия (РТИ), волокнистые материалы, каучук, поверхностно-активные вещества, этилен пропилен, модифицированный полиакрилонитрилом (ЭПАН).

Keywords: textile industry, textile industry waste, rubber compound, artificial fibers, rubber-technical products (RTI), fibrous materials, rubber, surfactants, ethylene propylene polyacrylonitrile modified (EPAN).

В настоящее время на всех предприятиях легкой промышленности образуются текстильные отходы, требующие переработки. Поэтому возникает важная научно-техническая задача, заключающаяся в разработке технологических процессов с использованием текстильных отходов для изготовления резинотекстильных изделий.

Эффективное решение проблемы переработки и утилизации отходов во многом связано:

– с активной инновационной деятельностью;

– с необходимостью внедрения новых дорогостоящих технологий и оборудования;

– с использованием вторичных материальных ресурсов.

Поэтому особую значимость для разработки и расширенного внедрения ресурсосберегающих мероприятий и использования вторичных материальных ресурсов имеет создание новых технологий для переработки отходов [1].

Текстильные отходы в процессе своей переработки проходят несколько стадий:

дезинфекция, обеспыливание, сортировка, стирка, химчистка, резка, замасливание и разволокнение [2...4].

Резинотекстильные изделия в основном работают в условиях преимущественного воздействия растягивающих нагрузок; они легко деформируются также при воздействии изгибающих или сжимающих нагрузок. В резинотекстильных материалах основным структурным элементом являются нити или системы нитей. Нити могут состоять из волокон (пряжа) или являются непрерывными химическими нитями. Входящие в их состав волокна или элементарные нити (филаменты) объединены в единый структурный элемент путем обязательной крутки и пропитаны связующим резиновым компонентом. Важнейшим условием армирования резинотекстильных материалов и изделий является низкое значение модуля деформации матрицы (резины) по сравнению с нитями $E_m \ll E_n$ [5], [6].

В качестве объектов исследования были выбраны отходы волокна нитрон (отходы полиакрилонитрильных волокон), пропиточный состав. В лаборатории Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова (Республика Казахстан) был получен пропиточный состав [7], [8]. Пропиточный состав содержит (мас.ч. на 100 мас. ч. латексов в пересчете на сухое вещество): латекс ДМВП-10Х (ГОСТ 3803136–77) 70, латекс СКД-1с (ГОСТ 11604–79) 30, резорциноформальдегидная смола в виде 5%-ного водного раствора 24, аммиак в виде 25%-ного водного раствора 1 и вода 830.

Порядок загрузки компонентов состава в реактор при перемешивании:

1. Латекс ДМВП-10Х.
2. Латекс СКД-1 или СКД-1С.
3. Вода умягченная (масса воды может колебаться в зависимости от содержания сухого вещества в латексах).
4. Поликонденсированный раствор смолы СФ-282.
5. Аммиак водный.
6. Контроль раствора смолы и пропиточного состава в соответствии с ГОСТ 11604-73.

Применяемая в пропиточном составе резорцино-формальдегидная смола СФ-282 токсична, а также труднодоступна, поэтому

нами предлагается заменить смолу на новый водорастворимый полимер, полученный путем модификации гидролизованных отходов волокна нитрон, разработанное поверхностно-активное вещество этиленпропилен, модифицированный полиакрилонитрилом (ЭПАН), которое использовали в пропиточном составе для повышения прочностной связи текстильного корда с резиной.

ЭПАН синтезирован модификацией продукта неполного омыления полиакрилонитрила (ПАН) в присутствии раствора NaOH эпоксисилитановой смолой. Получали пропиточные составы с ЭПАН в разных массовых частях.

В ходе эксперимента полученными пропиточными составами пропитывали капроновый корд 23К из нитей 111 текс×1×3 (ТУ 6-12-31-03-95) и анидный корд 50А с нитями структуры 188 текс×1×2 (ТУ 6-06-С-04-95) и высушивали при комнатной температуре (20°C) в течение 24 часов. Затем резинокордные образцы вулканизировали при 150°C в течение 30 мин [9].

Полученные экспериментальные образцы проверялись испытаниями для определения прочности связи резины с текстильным кордом в зависимости от рецептуры пропиточного состава (табл. 1,2), для чего использовали Н-метод [10].

Прочность корда, прочность связи пропитанного корда с резиной на основе натурального каучука (НК) и изопренового каучука (СКИ-3) [11] определяли Н-методом, кгс/см², (ГОСТ 23785.7–89) на разрывной машине РМИ-60 (табл. 1).

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) вводили в рецептуру пропиточного состава для улучшения смачиваемости.

Максимальный эффект увеличения адгезии резины к капроновому текстильному корду при введении ПАВ ЭПАН достигается при дозировке 4,3 масс. ч (табл. 1). Повидимому, это говорит о том, что химические связи, образующиеся при взаимодействии поверхностно-активного вещества ЭПАН и макромолекулами эластомера относительно стабильны за счет физических связей между различными функциональными группами каучука и обработанным текстильным кордом.

Таблица 1

Пропиточный состав (массовые части)	20°C		120°C	
	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3
Контрольный пропиточный состав	9,4	7,5	8,1	7,2
Пропиточный состав с ЭПАН (1,3)	11,8	10,2	9,8	8,2
Пропиточный состав с ЭПАН (2,3)	13,3	12,8	11,2	10,2
Пропиточный состав с ЭПАН (4,3)	14,1	12,9	14,2	10,7
Пропиточный состав с ЭПАН (5,3)	13,8	11,1	11,8	9,7

При пропитке анидного корда испытания по применению ЭПАН в пропиточном составе показали, что усталостная прочность волокна корда увеличивается более чем в 3 раза. Обычный нестабилизированный полиамидный шнур, подвергнутый повторным деформациям при 130°C имеет 5 тысяч циклов до разрушения, обычный стабилизированный шнур имеет 36 тысяч циклов до разрушения, а в стабилизированном шнуре сопротивление повторным деформациям возрастает до 540 тысяч циклов. Помимо повышения сопротивления усталостному разрушению, положительной стороной процесса термообработки пропиточным составом с ЭПАН является фиксация удлинения этого волокна с одновременным повышением прочности, обработанного предложенным способом, это изменение составляет всего 3,6. Использование такого шнура в резиновых изделиях позволит значительно продлить срок службы этих изделий.

Кроме того, анидный шнур с более высокими механическими свойствами, обработанный пропиточным составом ЭПАН, предложенным ниже, может быть использован в резиновой промышленности благодаря своим высоким усталостным свойствам и стабилизации относительного удлинения.

Основной причиной, как мы считаем, значительного повышения прочности связи в резинордных системах с искусственными волокнистыми шнурами при введении ЭПАН в пропиточный состав является образование химических и физических связей между эластомерной матрицей резиновых смесей и пропиточным шнуром, на поверхности волокон которого образуются активные многофункциональные группы.

Резиновая композиция легко взаимодействует с функциональными группами пропитанного анидного шнура.

Таблица 2

Пропиточный состав (массовые части)	20°C		100°C	
	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3
Контрольный пропиточный состав	9,3	7,4	7,8	7,1
Пропиточный состав с ЭПАН (1,3)	11,4	9,5	9,9	7,8
Пропиточный состав с ЭПАН (2,3)	12,5	12,8	10,4	9,8
Пропиточный состав с ЭПАН (4,3)	14,2	12,8	13,8	11,1
Пропиточный состав с ЭПАН (5,3)	13,5	10,6	11,5	9,4

Наибольший эффект повышения прочности связи при введении ЭПАН достигается при дозировке 4,3 масс. ч (табл. 2 – прочность связи резин с анидным кордом 50А, пропитанным различными составами, Н-метод, кгс/см²). По-видимому, это объясняется тем, что химические и физические водородные связи, образующиеся при взаимодействии ЭПАН и макромолекулами эластомера, относительно стабильны в широком диапазоне температурного режима (20...100°С).

Положительное влияние на адгезию резин к текстильному корду из анидных волокон оказывает замена смолы на ЭПАН. Прочность связи резин с анидным кордом, обработанным пропиточным составом с ЭПАН при 150°С на 25% выше, чем с анидным кордом, обработанным пропиточным составом, применяемым на производстве, согласно технологическому регламенту.

Наиболее высокие прочностные свойства различного характера (при статистических и динамических нагрузках) резинокордных систем достигаются при образовании спектра вулканизационных и межфазных связей различной энергии. По-видимому, именно этими связями можно объяснить часто наблюдаемый эффект синергизма при применении ЭПАН с различными типами функциональных групп, а также при сочетании ингредиентов резиновой смеси, улучшающих смачивание резиновой смесью субстрата (волокон текстильного корда) и текучесть смеси с соединениями пропиточного состава образующими химические связи.

Интенсивность химического взаимодействия смолы и продуктов ее термохимических превращений с карбоцепными эластомерами относительно невелика. После введения поверхностно-активного вещества ЭПАН в пропиточную композицию прочность связи в резинокордных системах значительно возрастает за счет функционального амида и других групп, входящих в состав ЭПАН. Значительное замедление снижения прочности связей в этих системах с повышением температуры испытания, а также после набухания в парах бензола или усталости подтверждает увеличение кон-

центрации химических связей на границе резина-корд. Несколько более высокий уровень прочности связей в резинокордных системах при использовании натурального каучука по сравнению с СКИ-3 при применении в пропиточной композиции поверхностно-активного вещества ЭПАН объясняется также увеличением концентрации химических связей на границе раздела каучук-корд за счет взаимодействия полимера с функциональными кислородсодержащими (карбоксильными, гидроксильными) группами. Неравномерная концентрация химических связей на границе раздела фаз, скорее всего, обусловлена различиями в прочности связей при введении в состав пропитки поверхностно-активных веществ и латекса.

Основной причиной, на наш взгляд, значительного повышения прочности сцепления резинокордных систем с искусственными волокнистыми шнурами при введении ЭПАН в пропиточный состав является образование химических связей между эластомерной матрицей резиновых смесей и пропиточным шнуром.

ВЫВОДЫ

1. Из вышеизложенного следует, что положительное влияние на прочность связи резин с волокнами оказывает введение этиленпропилена, модифицированного полиакрилонитрилом, в состав пропитки, которая приводит к образованию химических связей между эластомерной матрицей резиновых смесей и пропиточным кордом, повышая прочность сцепления. Наибольший эффект повышения прочности связи при введении поверхностно-активного вещества ЭПАН достигается при дозировке 4,3 масс. ч.

2. Результаты показали, что прочность связи резин с капроновым кордом, обработанным пропиточным составом с ЭПАН при 100°С, выше, чем с капроновым кордом, обработанным обычным пропиточным составом.

3. Учитывая, что ПАН является доступным сырьем, обладающим активными функциональными группами с возмож-

ностью активного взаимодействия с искусственными волокнами, можно отметить перспективность использования в пропиточном составе водорастворимого полимера ЭПАН с высокой поверхностной активностью, полученного из отходов волокна нитрон.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Осипенко Д.А.* Проблема переработки отходов текстильной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kubsu.ru/sites/default/files/users/27486/portfolio/2017>

2. Все об отходах переработки текстильных отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://waste.org.ua/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=13>.

3. Утилизация отходов в различных отраслях народного хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uchebnikonline.com/>

4. *Сагитова Г.Ф., Джанпаизова В.М., Арипбаева А.Е., Абилхаймкызы Л., Сихимбаева М.Т., Конысбеков С.М.* Исследование отходов обрезиненных текстильных кордов шинного производства как источника получения волокнистых наполнителей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №4. С. 49...54.

5. *Сагитова Г.Ф., Туребекова Г.З., Исаев Г.И., Абилхаймкызы Л., Сихимбаева М.Т., Алтамысова А.Б.* Пути повышения прочности связи системы "резина - капроновый текстильный корд" // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №6. С. 81...87.

6. *Dzhakipbekov E., Sakibayeva S., Dzhakipbekova N., Sagitova G., Bekzhigitova K., Shingisbayeva Zh.* The investigation of physical and chemical properties of water solutions of polymers and their application in combination with drugs//Rasayan Journal of Chemistry. – Vol. 14. No. 1 |1-8| January - March | 2021 ISSN: 0974-1496 | e-ISSN: 0976-0083 | CODEN: RJCABP

7. *Туребекова Г.З., Сагитова Г.Ф., Алтамысова Г.Б., Жаппарбергеннова Э.Б., Абилхаймкызы Л., Сихимбаева М.Т.* Способ повышения прочности связи резин с текстильными кордами из синтетических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №5. С. 26...33.

8. Патент RU2298021C1, МПК C08L13/00 Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н., Каблов В.Ф. Состав для пропитки текстильного корда - Заявлено 22.02.2006, опубл. 27.04.2007, бюл. №12

9. Патент RU 2 163 914 C2 МПК C08L19/02 Шмурак И.Л., Басов Б.К., Бобров А.П., Ежов В.П., Сальникова Е.А., Тарасов М.Е., Чернова Е.М. Состав для пропитки текстильного корда - Заявлено 19.05.1998, опубл. 10.03.2010, бюл. №12

10. ГОСТ 14863–69. Резина. Метод определения прочности связи резина-корд (Н-метод)

11. *Кошелев Ф.Ф. и др.* Общая технология резины. – М.: Химия, 1978.

REFERENCES

1. Osipenko D.A. Problema pererabotki othodov tekstil'noj promyshlennosti [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://kubsu.ru/sites/default/files/users/27486/portfolio/2017>

2. Vse ob othodah pererabotki tekstil'nyh othodov [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://waste.org.ua/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=13>.

3. Utilizaciya othodov v razlichnyh otraslyah narodnogo hozyajstva [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://uchebnikonline.com/>

4. *Cagitova G.F., Dzhanpaizova V.M., Aripbaeva A.E., Abilhajmkyzy L., Cihimbaeva M.T., Konycbekov C.M.* Icledovanie othodov obrezinennyh tekstil'nyh kordov shinnogo proizvodstva kak itochnika polucheniya voloknitykh napolnitelej // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №4. S. 49...54.

5. *Sagitova G.F., Turebekova G.Z., Isaev G.I., Abilhajmkyzy L., Sihimbaeva M.T., Alpamysova A.B.* Puti povysheniya prochnosti svyazi sistemy "rezina - kapronovyy tekstil'nyj kord" // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №6. S.81...87.

6. *Dzhakipbekov E., Sakibayeva S., Dzhakipbekova N., Sagitova G., Bekzhigitova K., Shingisbayeva Zh.* The investigation of physical and chemical properties of water solutions of polymers and their application in combination with drugs//Rasayan Journal of Chemistry. – Vol. 14. No. 1 |1-8| January - March | 2021 ISSN: 0974-1496 | e-ISSN: 0976-0083 | CODEN: RJCABP

7. *Turebekova G.Z., Sagitova G.F., Alpamysova G.B., Zhapparbergenova E.B., Abilhajmkyzy L., Sihimbaeva M.T.* Sposob povysheniya prochnosti svyazi rezin s tekstil'nymi kordami iz siteticheskikh volokon // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №5. S. 26...33.

8. Patent RU2298021C1, МПК C08L13/00 Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н., Каблов В.Ф. Состав для пропитки текстильного корда - Заявлено 22.02.2006, опубл. 27.04.2007, бюл. №12

9. Patent RU 2 163 914 C2 МПК S08L19/02 Шмурак И.Л., Басов В.К., Бобров А.П., Ежов В.П., Сальникова Е.А., Тарасов М.Е., Чернова Е.М. Состав для пропитки текстильного корда - Заявлено 19.05.1998, опубл. 10.03.2010, бюл. №12

10. GOST 14863–69. Rezina. Metod opredeleniya prochnosti svyazi rezina-kord (N-metod)

11. *Koshelev F.F. i dr.* Obshchaya tekhnologiya reziny. – М.: Himiya, 1978.

Поступила 29.03.22.

**КЛАССИЧЕСКИЙ ТЕКСТИЛЬНЫЙ РИСУНОК:
КЛЕТКА И ГОРОШЕК**

**CLASSIC TEXTILE PATTERN:
PLAID AND POLKA DOTS**

Б. П. ТОРЕБАЕВ, Д.С. БОЛЫСБАЕВ, Ш.Е. РСМАХАНБЕТОВА, Н.А. МАХАНБЕТОВА
B. P. TOREBAEV, D.S. BOLYSBAEV, SH.E. RSMAXHANBETOVA, N.A. MAKHANBETOVA

(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)

M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: b.torebaev@mail.ru

Статья посвящена классическим текстильным рисункам, одним из лучших украшений одежды – клетке и горошку, их истории возникновения и развития. В статье изложены изготовление хлопчатобумажных тканей с клетчатым узором в конце XIX века. Влияние российских ситцев на изготовление хлопчатобумажных тканей в Центральной Азии с клетчатым узором. Отражение заимствованного происхождения подобных тканей в их названиях, появление так называемого узора - "горошек" в художественной практике народных мастеров. Получение огромного распространения этого мотива в категории одежды и т.п. Актуальность этих классических текстильных рисунков, никогда не выходящих из моды, и их востребованность для любого возраста.

The article is devoted to classic textile drawings, one of the best ornaments of clothing - plaid and polka dots, the history of their origin and development. The article describes the manufacture of cotton fabrics with a checkered pattern at the end of the XIX century; the influence of Russian chintz in the manufacture of cotton fabrics in Central Asia with a checkered pattern. The reflection of the borrowed origin of such fabrics in their names is the appearance of the so-called "polka dots" pattern in the artistic practice of folk masters getting a huge spread of this motif in the clothing category, etc. The relevance of these classical textile patterns never goes out of fashion and these patterns remainsignificant for any age as well.

Ключевые слова: ткань "сари", ткань "батисикатак", сарпинка, шохикатак, клетчатый канаус, солорибулур, "Маленький ковбой", "буршакгуль".

Keywords: fabric "sari", ikat, fabric "batisikatak", sarpinka, "crow's foot" or "dog's tooth", checkered shoyi - shohiikatak, checkered kanaus, "Little cowboy".

В художественном оформлении текстильных изделий, признанные всеми народами как превосходные, примерные и образцовые – классические орнаменты: клетка и горошек, а также полосы, преобладают, как и прежде. Несмотря на свой простейший вид,

группа классических орнаментов развивали у человека чувство ритма, пропорции, цветовой гармонии [1. с. 143].

Клетчатый узор в искусстве текстиля известен еще с древних времен. Например, в Древней Индии широко был распространен

тканый орнамент в виде клеток одного или разных цветов.

Узор в клетку предпочитали преимущественно мусульмане этой экзотической страны. Идеальна для жаркой погоды очень легкая индийская ткань "сари", которая была впервые соткана около 400 лет тому назад и с тех пор становится только более популярной. Сари – мечта каждой невесты Индии.

В этой стране на свадьбу принято надевать ярко окрашенные клетчатые сари из двойного иката с броскими узорами по краям.

Множество рисунков сари являются вариациями вертикальных и горизонтальных линий, квадратов.

В конце XIX в. под влиянием российских ситцев в Центральной Азии стали изготавливать хлопчатобумажные ткани с клетчатым узором. Заимствованное происхождение подобных тканей нашло отражение и в их названиях: в Самарканде, Ургуте, Нурате они именовались патис и сарпинка, в Ходженте – батисикатак. Таджикская ткань батисикатак – "клетчатый батист", образуемый поперечными и продольными синими и белыми полосами, целиком вырабатывалась из фабричной пряжи 38 номера. Такое название, по-видимому, заимствовано у русских. Слово "батист" в русском языке означает тонкую прозрачную и мягкую ткань, но ходжентский клетчатый батист больше похож на русскую клетчатую сарпинку [2. с. 87]. В бухарских кишлаках их называли калами (калами – один из известных видов хлопчатобумажных тканей, распространенных среди таджиков и узбеков), и здесь они почти не отличались по качеству пряжи от этой ткани, а в Ура-Тюбе и в Дарвазе – просто катак ("клетка"). Также в это время среди таджикского населения появился клетчатый канаус (канаус также был широко распространен особенно в Худжанде) или клетчатый шохи - шохиикатак. Художественное своеобразие композиций тканей имеет тесную связь с традициями их цветового оформления. Узор шохиикатака состоял из окрашенных в разные цвета чаще фиолетовых и белых клеток [2. с. 97]. В Худжанде, как и в других

городах, получили развитие черный шелк в мелкую белую клеточку [3]. В начале XX в. здесь также появилась ткань "солорибулур" ("хрустальная"), в основе и утке которой комбинировались толстые кустарные и тонкие фабричные нити, образуя рельефный узор в клетку. Однако клетчатые ткани таджики считали нетрадиционными для себя и применяли только в качестве подкладочного материала и в бытовых предметах, в основном же они предназначались для продажи кочевым народам среднеазиатского региона [2. с. 97], но по упоминанию Турсунова среди населения таджиков клетчатый канаус употреблялся для женских платьев.

Классические мотивы геометрического характера: клетка и горошек (иногда "Королевской Лилией") может соединяться в дизайн тканей натуралистично изображенными или стилизованными растительными мотивами или гирляндами различных цветов. Такая комбинация часто используется в купонном рисунке плательного и постельного назначения (рис. 1, 2).



Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

В орнаменте любого типа и вида заложен элемент повторения – движения. Возникновение движения в орнаменте можно наблюдать при повторении квадрата на плоскости. В народном искусстве примером статичного квадратного орнамента является, например, клетчатый орнамент русских понев, символизирующий землю-пахоту. Из народной одежды клетчатый орнамент перешел в промышленный текстиль. Подобные клетчатые орнаменты применяются и в скатертях (рис. 3) [4. с. 119].

На рис. 3 – кроки для постельного белья и скатерти. Автор Торебаев Б.П. АО "Туштукимачи".

Небольшой кружочек, так называемый мотив – "горошек" встречается в художественной практике народных мастеров с эпохи палеолита. Народный горошечный узор – "буршак гуль" появился значительно раньше, и стал характерной в многокрасочной орнаментальной композиции казахского ковра.

Некоторые предполагают, что распространению вещей в горошек способствовал еще неизвестный на тот момент в таком масштабе дизайнер ChristianDior. Что ж, может быть. Однако самый известный на сегодняшний день почитатель наиболее популярного принта – горохового узора в одежде является Ив Сен Лоран. Именно он ввел его в моду.

"Горох" – текстильный рисунок № 1, – так считают художники, специализирующиеся по оформлению набивных тканей. Начнем мы, пожалуй, с платьев, потому что именно в этой категории одежды горошек получил огромное распространение. Он – самый прелестный орнамент для летнего платья. Горох очень разный: крупный, мелкий, рябющий, редкий, частый. Крупного размера такой мотив на платье смотрится декоративно. "Горох" используется и для абровой ткани, но редко. На рис. 5 горох крупного размера – "Юмалоц" на ткани - бахмаль.

Рис. 4 – "Королевская лилия"; рис. 5 – "горох" на абровой ткани, автор Р. Мирзахмедов.



Рис. 4

Рис. 5

Современная мода благоволит к интерпретациям моды пятидесятых и шестидесятых годов прошлого века, когда увлечение горошком просто зашкаливало. "Горох" в дизайне текстиля имеет различные цвета и различные сочетания. Не забудем про

наиболее популярный принт – черно-белый горох [5. с. 188]. В последние годы такое сочетание оттенков использовали многие дизайнеры в своих коллекциях весна-лето.

Итак, с течением времени в жизни людей происходят перемены вкусов, пристрастий и привязанностей, несмотря на это, классический текстильный рисунок остается совершенно неизменным, отправляясь в раздел вечной классики, проверенной временем. Классический стиль – это, прежде всего, скромность и сдержанность. Их изобразительный язык очень прост и общедоступен. Поэтому текстильные изделия, оформленные классическими текстильными рисунками, в частности клетками и горошками, всегда и везде востребованы для любого возраста [6. с. 184]. Они в любое время воспринимаются по-новому, поэтому актуальны практически всегда. Классические текстильные рисунки хорошо сочетаются не только между собой, но и с другими орнаментальными мотивами в – дизайне тканей, а также в ансамбле одежды и в интерьере. Эти качества и обеспечивают клеточным и горошечным узорам долгую жизнь.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Торебаев Б.П.* Классический текстильный рисунок - полоска и ее актуальность в современной моде. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 5. С. 143.
2. *Турсунов Н.О.* Из истории городского ремесла Северного Таджикистана. – Душанбе, 1974. С.87, 91
3. *Хакимова Н.А.* История развития производства абровых тканей таджиков в Худжанде в конце XIX - XX веках: Дис....канд. ист. наук. – Душанбе, 2015.
4. *Бесчастнов Н.П.* Художественный язык орнамента. – М.: Гуманитарн. изд. центр ВЛАДОС.
5. *Зайцев В., Буренина К.* Платье на выход. – ЗАО "Торгово-издательский дом "Амфора", 2013.
6. *Торебаев Б.* Орнамент и цвет в дизайне текстиля. / Германия / Изд.: LAP LAMBERT Academic Publishing - 2017. с. 184.

REFERENCES

1. *Torebaev B.P.* Klassicheskiy tekstil'nyj risunok - poloska i ee aktual'nost' v sovremennoj mode. // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 5. S. 143.
2. *Tursunov N.O.* Iz istorii gorodskogo remesla

- Severnogo Tadjikistana. – Dushanbe, 1974. S.87, 91
3. Hakimova N.A. Istoriya razvitiya proizvodstva abrovyyh tkaney tadjikov v Hudzhande v konce XIX - XX vekah: Dis....kand. ist. nauk. – Dushanbe, 2015.
4. Beschastnov N.P. Hudozhestvennyy yazyk ornamenta. – M.: Gumanitarn. izd. centr VLADOS.
5. Zajcev V., Burenina K. Plat'e na vyhod. – ZAO

- "Torgovo-izdatel'skij dom "Amfora", 2013.
6. Torebaev B. Ornament i cvet v dizajne tek-stilya. / Germaniya /. Izd.: LAP LAMBERT Academic Publishing - 2017. s. 184.

Поступила 15.04.22.

УДК 677.024.074.54
DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_282

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ АБРОВЫХ ТКАНЕЙ УЗБЕКИСТАНА

A BRIEF HISTORY OF THE ABR FIBRE ORIGIN AND DEVELOPMENT IN UZBEKISTAN

¹Б.П. ТОРЕБАЕВ, ²П. С. СИДДИКОВ, ¹К.О. ХАНАЗАРОВА
²Н. СОДИКОВА, ¹Г.С. ТИЛЕУКУЛОВ, ²У. ЖУРАЕВ

B.P. TOREBAEV, P.S. SIDDIKOV, K.O. KHANAZAROVA,
N. SODIKOVA, G. S. TILEUKULOV, U. JURAEV

(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan,
Tashkent Textile and Light Industry Institute, Republic of Uzbekistan)

E-mail: b.torebaev@ mail.ru

Статья посвящена описанию истории возникновения и развития производства абровых тканей Узбекистана. Авторы объясняют происхождение терминов "абр" и "икат", а также с чего начинается выработка абровой ткани. В статье изложено попадание способа обвязывания пучков нитей с целью поэтапного крашения их в определенные цвета в Центральную Азию и Западный Туркестан. Абрбандный способ, позволяющий получить в процессе ткачества яркий, своеобразный рисунок на ткани с плавным стрелчатым переходом вдоль основы от одного цвета к другому. Деление абровых тканей в Центральной Азии по виду сырья. Сложение интенсивного производства шелковых абровых тканей в Центральной Азии. Формирование основных центров по выработке этих тканей на тогдашней узбекской территории. Отличие узбекской абровой ткани. Объединение кустарных производств абровых тканей в Узбекистане в одно крупное шелкоткацкое производство. Ведение исследовательских работ в Узбекистане по усовершенствованию технологических процессов либитного способа снования. Разработка нового ассортимента абровой ткани с использованием сложных переплетений. И, наконец, использование абровых тканей Узбекистана в своих коллекциях известными зарубежными дизайнерами.

The article is devoted to the description of the history of the origin and development of abr fibre in Uzbekistan. The authors explain the origin of the terms "abr"

and "ikat", as well as how the production of abr fibre begins. The article describes the introduction of a method of thread tying bundles in order to gradually dye them in certain colours in Central Asia and Western Turkestan. An abr band method that allows you to get a bright, peculiar pattern on the fabric with a smooth pointed transition along the base from one color to another during the weaving process, the division of abr fibres in Central Asia by type of raw materials. The addition of intensive production of silk carpet fabrics in Central Asia also in focus as well as the formation of the main centres for the production of these fabrics in the former Uzbek territory. The authors also point out the difference of Uzbek ahra fabric, the association of artisanal abr fabrics in Uzbekistan into one large silk-weaving production. The results of conducting research on the improvement of technological processes on the basis of the libit warping method in Uzbekistan are also presented. The development of a new range of abre fabric using complex weaves, and finally, the use of Uzbek abr fabrics in the collections of famous foreign designers are stated.

Ключевые слова: "абр", росписи Аджанты, лист бетеля, икат, канаус, хан-атлас, бекасам, адрас, якруя, Mango, Zara, Dolce&Cabana.

Keywords: "abr", Ajanta murals, betel leaf, ikat, kanaus, snipe, adras, yakruya, Mango, Zara, Dolce & Gabbana.

Абровое оформление шелковых, полупшелковых и, значительно реже, бумажных тканей, выработанных по традиционной технологии шелкопрядения "абр" представляет для любителей искусства текстиля особый интерес. Абровый орнамент известен в искусстве текстиля, судя по росписям Аджанты, еще в первые века нашей эры. А термин абр стали встречаться еще в XVI веке. Абр означает облако. Абстрактные орнаментальные мотивы абровых тканей действительно напоминают легкие перьевые облака. Поэтому в виде вибрирующей, чаще симметричной, петли с волнистыми концами этого радужного узора называли "абром" [1, с.7]. Позднее это слово стало употребляться в обозначении стиля окрашивания нитей в традиционных тканях. Нити основы (как правило, ситец) и утка (шелк) окрашивали еще до того, как они становились единым полотном. Мастеру нужно было четко понимать, где должен закончиться один цвет и начаться другой (базовыми оттенками были синий, желтый и красный).

История использования этого уникального способа весьма запутанная – по сей день никто точно не знает, где и когда он появился впервые. Такая традиционная технология, по утверждению исследователей,

берет свое начало в Индии или Южном Китае. Самый ранний сохранившийся пример ткани резервного крашения датируется довольно поздно – это хлопковый фрагмент VI в. из могильника Астана, в Синцзян-Уйгурском АО, Китай. Во время археологических раскопок в Индии была найдена ткань, изготовленная тем же методом окрашивания нитей, с подобным орнаментом. В этой экзотической стране и по сей день практикуется производство уточного и двойного иката.

Тигр и слон, лист бетеля, танцующая девушка и слон – таковы лишь некоторые из ярких изображений на ткани.

С начала XX в. абровые ткани стали называть общим термином икат. Именно под этим названием они известны за рубежом. Неслучайно это слово происходит от индонезийского глагола "менгикат". Термин икат был введен европейскими исследователями, изучавшими индонезийские ткани, оформленные способом резервного крашения, "плести, связать, соединить, обмотать, обвить все вокруг". В наше время икатом называют все ткани с резервным крашением нитей, вне зависимости от места их производства.

Способ обвязывания пучков нитей с целью поэтапного крашения их в опре-

деленные цвета попадает в Центральную Азию и Западный Туркестан дг нашей эры. Близок ему по времени и столь же ранний, но уже шелковый фрагмент 552-644 гг., обнаруженный в буддийском храме Японии: Хорю-дзи, Нара. На красном фоне ткани четко выделяются волнистые петлеобразные мотивы темно-коричневого цвета, с вибрирующими контурами, которые создают эффект перетекающих друг в друга соседствующих цветов.

Выработка абровой ткани начинается с изготовления нити из коконов шелкопряда, из которой вручную создается ткань и одновременно узор. Техника ручного ткачества – довольно древнее явление. Простейший способ тканья состоял в том, что несколько нитей основы в виде петель накидывались на пять пальцев ступни. Концы нитей собирались в пучок и крепились на поясе, а поперечная ниточка – уток пропускалась между четными и нечетными нитями основы и уплотнялась [2, с.234].

На территории Центральной Азии издавна культивировался не только хлопок, но и шелк, что привело к выработке устойчивых традиций производства различных тканей ручной выделки. На этом производстве были заняты мастера, так называемые абрбанды или шойибофы – шелкоткачи, а также работники сопутствующей специализаций – буюкчи (красильщик), пиллакош (кокономотальщик) и т.п. Художественным оформлением занимался чизмачи (рисовальщик-орнаменталист).

В процессе создания абровых тканей использовались различные приемы. В отличие от обычных тканей создание рисунков на абровых тканях заключается в следующем: на растянутых нитях основы мастера-абрбанды наносят прорисовку (эскиз) будущего полотна. Радужные узоры абровых тканей создаются способом резервного крашения нитей еще до того, как они становятся единым полотном. Мастеру нужно было четко понимать, где должен закончиться один цвет и начаться другой (базовыми оттенками были синий, желтый и красный). В результате в расплывчатых стрелчатых формах и живописной игре пятен можно угадать изображение дерева,

куста, цветка или плода, пиявки, солнца и др. [3, с. 127].

Несмотря на замедленность общего развития художественных ремесел в XIX веке, изменения эстетического порядка, обусловленные историческими процессами, вели к зарождению и в прикладном искусстве новых стилевых черт. В искусстве оформления текстиля наиболее ярко прослеживалась линия монументализации общего образа строения тканей.

По виду сырья абровые ткани делят в Центральной Азии на шелковые (канаус, атлас, хан-атлас), полшелковые (с хлопком 50%х50% бекасам, бархат, апра, якуя) и с добавлением золотого или серебряного люрекса [4, с.39]. "Жужунча -- это гладкая и плотная ткань кремового цвета. Ее основой являются толстые шелковые нити. В зуб берда пробирали по четыре нити, которые разматывались из специальных отобранных коконов, имеющих естественный кремовый цвет. Шелковую нить для утка употребляли без отварки [5,с.94]. Есть и хлопчатобумажные абровые ткани, также обладающие замечательными декоративными качествами, но они встречаются реже. Из абровой ткани шились парадные халаты, платья, платки, покрывала, наволочки и прочие.

Интенсивное производство шелковых абровых тканей Центральной Азии сложилось в основном XIX - начале XX столетия. Сформировались основные центры по выработке этих тканей на тогдашней узбекской территории. Следует отметить, что узбекская абровая ткань отличается тем, что рисунок заполняет полностью нити основы, причем узоры проходят по всей поверхности [6,с.12]. Поскольку этот процесс выполняется исключительно вручную, на создание одного стандартного отреза может уйти целая неделя кропотливого труда. Однако в это время довелось работать на старых ткацких деревянных самодельных ручных станках, на которых вырабатывалась ткань шириной 52 см из натурального шелка.

После завоевания Туркестана царской Россией 1876 году и с развитием промышленности производство тканей на ручных ткацких станках постепенно сокращается,

не выдерживая конкуренции с привозными тканями. Все это привело к значительному сокращению тканей домашнего труда Средней Азии и безвозвратному исчезновению производства кимхоб, бахмаль, а также бесследному исчезновению и других замечательных текстильных традиций, бережно хранившихся предыдущими поколениями. Однако название осталось старым.

До начала второй половины XX века кустарные абровые ткани Узбекистана вырабатывались в различных по величине артелях городов и пригородов Маргилача, Намангана и Самарканда. Затем они объединились в одно крупное шелкоткацкое производство. Не только укрупненное, но и механизированное, а также специализированное новое предприятие стали называть фабрикой или комбинатом.

В связи с возрождением традиционных обычаев и празднеств, усилением внимания к национальной характерности одежды, опять стали более востребованными среди населения абровые ткани ручной работы. Это ремесло получило стимул к развитию и стало пользоваться особым признанием [8, с.36].

В 2017 году ЮНЕСКО включил древнюю технологию по изготовлению узбекских шелковых тканей – атласа и адраса в Реестр передового опыта по сохранению нематериального культурного наследия [9, с.4].

В последнее время происходит все более активное обращение к культуре среднеазиатских текстильных традиций, к их восстановлению, переосмыслению и новой интерпретации. Поэтому в Узбекистане ведутся исследовательские работы по совершенствованию технологических процессов либитного способа снования. В частности производится совершенствование разработанного [10, с.64] либитно-сновального барабана. Новый барабан оснащен приспособлением автоматического регулирования ширины заправки либитов. В то же время следует отметить опыт маргеланских текстильщиков, которые успешно возродили и, более того, усовершенствовали с учетом современных реалий производство некоторых традиционных шелковых тканей.

Перспективным выглядит, в частности, производство ими поддельных тканей, когда на белую основу тканей из хлопка или химических нитей набиваются цветные шелковые нити, чем имитируются материи шоматлас и хан-атлас [11].

Недавно в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности разработан новый ассортимент абровой ткани с использованием сложных переплетений. Ворсовая абровая ткань изготовлена совместно с частным предприятием "Маргелан АВР матолар кооперативи". В качестве нитей ворсовой и коренной нитей основы использованы нити натурального шелка, а уточные нити нш и х/б в двух сложениях. Способ прокладывания нити утка – прутковый. Диаметр прутка 2,4,6 мм. Предназначенный для пошива одежды, этот новый вид абровой ткани реализуется не только на внутреннем рынке, но и экспортируется в другие страны.

Сочетания традиционной текстильной культуры с современным текстильным дизайном и модой значительным образом способствуют формированию культурной идентичности как внутри страны, так и в контексте ее отношений с окружающим миром, в так называемой "мировой витрине", формируя тем самым образ самостоятельной "восточной" эстетики [12, с.12].

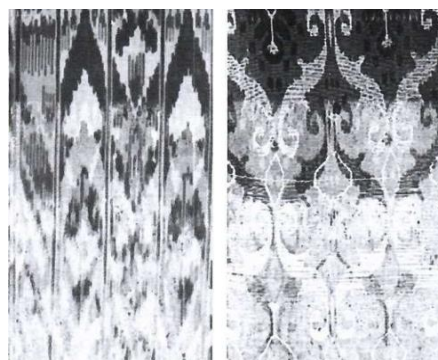


Рис. 1

Рис. 2

"Икатная лихорадка XXI века вызвала к жизни особое внимание известных на весь мир дизайнеров. Ikat-проект с участием Heidi Klum и др. определил место хита международной моды. При создании своих нарядов используют по праву считающиеся национальным достоянием абровые ткани

Узбекистана модельные дома Америки: Mango, Zara, Dolce&Cabana и т.д. Хан-атлас стал еще больше расширять свою необычайную популярность после использования его в коллекции Oscar de la Renta. Используют его в своих коллекциях и другие известные дизайнеры дальнего и ближнего зарубежья: Gucci, John Galiano, Monsoon, Alex Mabille, В. Зайцев, В. Юдашкин, Дрис Ван Нотен, А. Калиев и др. Они, часто обращаясь, уделяя особое внимание этим красивейшим тканям, раскрыли их уникальность, и не прогадали в этом отношении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Торебаев Б.П.* Атласные ткани Центральной Азии // Мат. IX Междунар. научн.-практ. конф. – Нур-Султан, 2021. С. 7.
2. *Кошаев В.Б.* Декоративно-прикладное искусство: понятия. Этапы развития. – М.: Гуманитар. Изд. центр ВЛАДОС, 2014.
3. *Фокина Л.В.* Орнамент. – Ростов н/Дону: Феникс, 2007.
4. *Торебаев Б.П., Рахимова З.И.* Материалы и технологии. Хан атлас и бекасам: традиция, современность. – Витебск, Белоруссия 2021.
5. *Сиддиков П.С.* Основы создания технологии и оптимизация процессов при изготовлении национальных авровых тканей.– Ташкент: Изд-во "Фан ва технология", 2017.
6. *Торебаев Б.П.* Основы дизайна текстильных изделий. – "Tafakkur qanoti", Ташкент, 2013.
7. *Шамухитдинова Л.* Современность традиции: об актуальности текстильного наследия Узбекистана // Сб. мат. Междунар. научн.-практ. конф.: Перспективы узбекской текстильной культуры: традиции и инновации. – Ташкент, 2014. С. 53.
8. *Чурсина В.* Мода Узбекистана: вчера и сегодня: альбом- каталог. – Ташкент: Издательство журнала "Sanat" 2020. С. 36.
9. UNESKO, 12 COM 11. e. 4.
10. Сиддиков П.С., Ганиев А.К. Патент Руз № FAP 00651. Либитно- сновальный барабан. //Расмий ахборотнома. 2011., №9 - с. 64.
11. *Иброхимов М. Ф.* Дис.: История

текстильного производства таджиков. – 2013.

12. *Габриеле Ментес.* Современность традиции: об актуальности текстильного наследия Узбекистана // Сб. мат. Междунар. научн.-практ. конф.: Перспективы узбекской текстильной культуры: традиции и инновации. – Ташкент, 2014. С. 13.

REFERENCES

1. Torebaev B.P. Atlasnye tkani Central'noj Azii // Mat. IX Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. – Nur-Sultan, 2021. S. 7.
2. Koshaev V.B. Dekorativno-prikladnoe iskusstvo: ponyatiya. Etapy razvitiya. – M.: Gumanitar. Izd. centr VLADOS, 2014.
3. Fokina L.V. Ornament. – Rostov n/Donu: Feniks, 2007.
4. Torebaev B.P., Rahimova Z.I. Materialy i tekhnologii. Han atlas i bekasam: tradiciya, sovremenost'. – Vitebsk, Belorussiya 2021.
5. Siddikov P.S. Osnovy sozdaniya tekhnologii i optimizaciya processov pri izgotovlenii nacional'nyh avrovyyh tkanej.– Tashkent: Izd-vo "Fanva tekhnologiya", 2017.
6. Torebaev B.P. Osnovy dizajna tekstil'nyh izdelij. – "Tafakkur qanoti", Tashkent, 2013.
7. SHamuhitdinova L. Sovremennost' tradicii: ob aktual'nosti tekstil'nogo naslediya Uzbekistana // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Perspektivy uzbekskoj tekstil'noj kul'tury: tradicii i innovacii. – Tashkent, 2014. S. 53.
8. CHursina V. Moda Uzbekistana: vchera i segodnya: al'bom-katalog. – Tashkent: Izdatel'stvo zhurnala "Sanat" 2020. S. 36.
9. UNESKO, 12 SOM 11. e. 4.
10. Siddikov P.S., Ganiev A.K. Patent Ruz № FAP 00651. Libitno-snoval'nyj baraban //Rasmij ahborotnoma. 2011., №9 - s. 64.
11. Ibrohimov M. F. Dis.: Istoriya tekstil'nogo proizvodstva tadjikov. – 2013.
12. Gabriele Mentec. Sovremennost' tradicii: ob aktual'nosti tekstil'nogo naslediya Uzbekistana // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Perspektivy uzbekskoj tekstil'noj kul'tury: tradicii i innovacii. – Tashkent, 2014. S. 13.

Поступила 15.04.22.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ГЕОТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

DETERMINATION OF THE QUALITY INDICATORS' MAIN VALUES OF COMPETITIVE GEOTEXTILE PRODUCTS

Е.И. ПУХОВА, М.А. ЛЫСОВА, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА, Б.Н. ГУСЕВ

E.I. PUKHOVA, M.A. LYSOVA, N.A. GRUZINTSEVA, B.N. GUSEV

(Ивановский государственный политехнический университет,
Ивановский государственный химико-технологический университет)

(Ivanovo State Politechnical University,
Ivanovo State of Chemistry and Technology University)

E-mail: mtsm@ivgpu.com; lysova7@yandex.ru

В работе рассматривается проблема совершенствования нормативного обеспечения при оценке качества геотекстильных полотен в направлении определения базовых значений показателей качества для установления конкурентоспособного образца в соответствии с требованиями подтверждения соответствия при проведении добровольной сертификации. Первичными данными при решении данной проблемы являлись нормативные значения производимой различными российскими предприятиями геотекстильной продукции одного вида (нетканого геотекстильного полотна марки "Дорнит") различной поверхностной плотности. В итоге предложена методика, позволяющая устанавливать базовые значения показателей качества для конкурентоспособного образца геотекстильной продукции, определить категорию качества, а также прогнозировать нормативные значения определяющих показателей качества в случае их отсутствия по соответствующему размерному ряду показателя назначения.

The article deals with the problem of improving the regulatory support for assessing the quality of geotextile fabrics in the direction of determining the basic values of quality indicators for establishing a competitive sample in accordance with the requirements of conformity assessment for voluntary certification. The initial data for solving this problem were the standard values of the same type of geotextile products produced by various Russian enterprises (non-woven geotextile fabric of the Dornit brand) of various surface densities. As a result, a methodology has been proposed that makes it possible to establish the basic values of quality indicators for the competitive selection of geotextile products, determine the category of quality, and also predict the standard values of the defining quality indicators in case of their absence according to the corresponding destination indicator size range.

Ключевые слова: геотекстильная продукция, конкурентоспособность, показатели качества, базовые значения, категория качества.

Keywords: geotextile products, competitiveness, quality indicators, basic values, quality category.

Введение

В соответствии с требованиями национального стандарта ГОСТ Р 56564–2015 [1] для производимой российскими предприятиями продукции необходимо при проведении добровольной сертификации в рамках "Системы подтверждения качества российской продукции" (далее "Система") формировать нормативную базу данных для оценки ее качества. В нормативную базу "Системы" вносятся требования к произведенной продукции по четырем критериям, один из которых представляет требования, необходимые для определения продукции повышенного качества. Данный критерий состоит из наименования продукции, определяющего (ключевого) показателя качества и его численного значения.

Для формирования гипотетического (виртуального) образца [1], обладающего свойствами конкурентоспособного изделия, сравнение с которым и дает основание относить произведенную продукцию к категории повышенного качества, рекомендуется осуществлять на основе анализа уровня качества однотипной продукции ведущих производителей. Необходимо также отметить, что методики установления объективных нормативных значений показателей качества текстильной продукции по-

стоянно совершенствуются [2...8], но в данном случае решается проблема определения базовых значений показателей качества именно конкурентоспособной геотекстильной продукции.

Методы исследования

Для предметного исследования выбрана геотекстильная продукция торговой марки "Дорнит" [9], которая является экологически безопасным нетканым материалом, произведенным иглопробивным способом с применением полиэфирных волокон, обеспечивающим его высокие физико-механические свойства и универсальность применения в различных областях строительства. Основными свойствами данного материала являются прочность и упругость, позволяющие ему противостоять значительным деформационным нагрузкам.

Для выбранного вида геотекстильных нетканых полотен в технических условиях промышленных предприятий [10...15] установлены соответствующие нормативные значения по показателям качества, которые для характеристик прочности при деформации на растяжение как в продольном, так и поперечном направлениях, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Предприятие	Значения разрывной нагрузки (по длине/по ширине) в кН/м при поверхностной плотности геополотна, г/м ²					
	100	200	300	400	500	600
1. ООО "МЕАПЛАСТ" (Москва)	-	5,0/5,5	8,8/9,0	11,0/13,0	16,0/16,0	20,0/20,0
2. ООО "ЭМИЛИ Групп" (Нижегород)	1,5/2,1	3,0/4,0	4,6/7,9	7,0/11,0	11,0/15,0	14,0/18,0
3. ООО "НИПРОМТЕКС" (Курская область)	3,0/3,0	6,0/7,0	10,0/11,0	12,0/13,0	16,0/18,0	18,0/20,0
4. ООО "РосПромГео" (Нижегород)	3,0/2,7	8,0/6,0	11,0/8,0	16,0/13,0	22,0/16,0	25,0/20,0
5. ООО "Армпласт-ГЕО" (Московская область)	1,9/1,5	4,0/3,2	5,5/4,4	10,5/8,4	14,0/11,2	17,5/14,0
6. ООО "ГЕОПОЛИТЕКС" (Москва)	2,8/2,9	5,5/5,7	8,8/9,0	13,1/13,2	16,0/16,3	20,0/20,5

При аналитическом исследовании решаемой проблемы воспользовались методом аппроксимации исходных данных [16].

Результаты и их обсуждение

Для каждого предприятия по данным табл. 1 построили линейное уравнение ре-

грессии в виде $Y = aX + b$. С этой целью воспользовались надстройкой "Анализ данных. Регрессия" в MS Excel. Для каждого из уравнений были вычислены коэффициент корреляции и коэффициент детерминации. Например, для предприятия ООО "ЭМИЛИ Групп" коэффициент корреляции между поверхностной плотностью и разрывной нагрузкой по длине: $r_{xy} = 0,982$, а коэффициент детерминации: $R^2 = 0,966$. Также была проведена проверка статистической значимости как коэффициентов корреляции и детерминации, так и параметров уравнения регрессии.

В результате получили семейство уравнений регрессии, представленных в табл. 2, где, в дальнейшем, по каждому показателю качества находили усредняющую функцию, вычислив предварительно ее

коэффициенты как среднее арифметическое значение коэффициентов всех отдельных функций. Далее для выполнения условия в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56564–2015 [1] в направлении определения продукции в категории повышенного качества для каждого предприятия строили обобщенный показатель качества $Y_{об}^i$ как среднее значение функции регрессии и сравнивали его с обобщенным показателем качества для усредняющей функции $Y_{об}^*$ по следующей шкале порядка: если $Y_{об}^i > Y_{об}^*$, то считают качество произведенной продукции высоким; если $Y_{об}^* - 1 < Y_{об}^i \leq Y_{об}^*$, то выделяют категорию приемлемого качества; в противном случае устанавливают категорию неприемлемого качества.

Т а б л и ц а 2

Предприятие	Функциональные зависимости показателей качества (Y_1, Y_2) от поверхностной плотности (X)			Категория качества
	Y_1	Y_2	$Y_{об}, \text{г/м}^2$	
1	$Y_1 = 0,037X - 2,720$	$Y_2 = 0,036X - 1,700$	9,82	приемлемое
2	$Y_1 = 0,025X - 2,040$	$Y_2 = 0,033X - 1,893$	8,25	неприемлемое
3	$Y_1 = 0,031X + 0,133$	$Y_2 = 0,034X$	11,42	высокое
4	$Y_1 = 0,045X - 1,533$	$Y_2 = 0,035X - 1,200$	12,56	высокое
5	$Y_1 = 0,032X - 2,400$	$Y_2 = 0,026X - 1,933$	8,01	неприемлемое
6	$Y_1 = 0,035X - 1,147$	$Y_2 = 0,035X - 1,133$	11,15	приемлемое
Усредняющая функция	$Y_1 = 0,034X - 1,618$	$Y_2 = 0,033X - 1,310$	10,33	

ВЫВОДЫ

В направлении решаемой проблемы определения базовых значений показателей качества конкурентоспособной геотекстильной продукции на основе анализа нормативных данных по показателям качества производимых однотипную продукцию промышленными предприятиями предложена соответствующая методика с применением регрессионного анализа для установления как недостающих значений показателей качества, так и установления категории качества производимой продукции с использованием шкалы порядка. Данная методика обеспечит промышленным предприятиям установление фактического уровня качества производимой ими продукции относительно конкурентоспособ-

ного (гипотетического) образца при проведении процедуры подтверждения соответствия в форме добровольной сертификации.

В определении направления дальнейшего исследования по нормативному обеспечению качества производимой продукции в документе [1] рекомендовано инициировать разработку соответствующего стандарта (при его отсутствии) на установление категорий качества.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 56564–2015. СПКРП. Рекомендации по формированию нормативной базы для оценки качества продукции.
- Кусенкова А.А., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Оценка уровня конкурентоспособности

геосинтетических тканых полотен // Технологии и качество. – 2019, №1. С. 16...21.

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

4. Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Производственный мониторинг качества полимерно-волокнистых материалов // Сб. научн. ст.: Текстильная химия: традиции и новации (Мельниковские чтения), ИГХТУ. – 2019. С. 163...167.

5. Кирюхин С. М., Плеханова С. В. Особенности оценки качества текстильных материалов // Дизайн и технологии. – 2017, № 60. С. 61...69.

6. Лысова М.А., Грузинцева М.А., Кусенкова А.А., Гусев Б.Н. Установление нормативного значения для показателей прочности геосинтетических полотен на основе оценки параметров распределения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №2. С. 54...57.

7. Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Малявко Е.Н. Комплексная оценка механических свойств мебельных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С. 12...15.

8. Омирова М.З., Чагина Л.Л., Груздева А.П. Комплексная оценка качества тентовых материалов // Технологии и качество. – 2020, № 2(48). С. 3...7.

9. Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве (обзорная информация). – М.: ИнформАвтодор, 2002. – Вып. 7. – С. 15.

10. Сайт предприятия ООО "МЕАПЛАСТ": [Электронный ресурс] <https://meaplast.ru/geotekstil-doronit/>. (Дата обращения: 30.04.2022).

11. Сайт предприятия ООО "ЭМИЛИ Групп": [Электронный ресурс]. <https://emiligrupp.ru/>. (Дата обращения: 30.04.2022).

12. Сайт предприятия ООО "НИПРОМТЕКС": [Электронный ресурс] <https://www.nipromtex.ru/>. (Дата обращения: 30.04.2022).

13. Сайт предприятия ООО "РосПромГео": [Электронный ресурс] <https://dorpig.ru/>. (Дата обращения: 30.04.2022).

14. Сайт предприятия ООО "Армпласт-ГЕО": [Электронный ресурс]. <https://armplast-geo.ru/>. (Дата обращения: 30.04.2022).

15. Сайт предприятия ООО "ГЕОПОЛИТЕКС": [Электронный ресурс]. <https://geopolitex.ru/>. (Дата обращения: 30.04.2022).

16. Елисева И.И. и др. Эконометрика / Под ред. И. И. Елисеевой. – М.: Издательство "Юрайт", 2014.

REFERENCES

1. GOST R 56564–2015. SPKRP. Rekomendacii po formirovaniyu normativnoj bazy dlya ocenki kachestva produkcii.

2. Kusenкова А.А., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев В.Н. Ocenка urovnya konkurento-

sposobnosti geosinteticheskikh tkanyh poloten // Tekhnologii i kachestvo. – 2019, №1. S. 16...21.

3. Gruzinceva N.A., Ovchinnikov A.A., Lysova M.A., Gusev B.N. Sovershenstvovanie nomenklatury pokazatelej i ocenki kachestva geotekstil'nykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2014, № 3. S. 28...32.

4. Lysova M.A., Gruzinceva N.A., Gusev B.N. Proizvodstvennyj monitoring kachestva polimer-no-vo-loknistykh materialov // Sb. nauchn. st.: Tekstil'naya himiya: tradicii i novacii (Mel'nikovskie chteniya), IGHTU. – 2019. S. 163...167.

5. Kiryuhin S. M., Plekhanova S. V. Osobennosti ocenki kachestva tekstil'nykh materialov // Dizajn i tekhnologii. – 2017, № 60. S. 61...69.

6. Lysova M.A., Gruzinceva M.A., Kusenкова A.A., Gusev B.N. Ustanovlenie normativnogo znacheniya dlya pokazatelej prochnosti geosinteticheskikh poloten na osnove ocenki parametrov raspredeleniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №2. S. 54...57.

7. SHustov YU.S., Kurdenkova A.V., Malyavko E.N. Kompleksnaya ocenka mekhanicheskikh svojstv mebel'nykh tkanej // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2011, №6. S. 12...15.

8. Omirova M.Z., CHagina L.L., Gruzdeva A.P. Kompleksnaya ocenka kachestva tentovykh materialov // Tekhnologii i kachestvo. – 2020, № 2(48). S. 3...7.

9. Geosinteticheskie i geoplastikovye materialy v dorozhnom stroitel'stve (obzornaya informaciya). – М.: InformAvtodor, 2002. – Вып. 7. – С. 15.

10. Sajt predpriyatiya ООО "МЕАПЛАСТ": [Elektronnyj resurs] <https://meaplast.ru/geotekstil-doronit/>. (Data obrashcheniya: 30.04.2022).

11. Sajt predpriyatiya ООО "EMILI Grupp": [Elektronnyj resurs]. <https://emiligrupp.ru/>. (Data obrashcheniya: 30.04.2022).

12. Sajt predpriyatiya ООО "NIPROMTEKS": [Elektronnyj resurs] <https://www.nipromtex.ru/>. (Data obrashcheniya: 30.04.2022).

13. Sajt predpriyatiya ООО "RosPromGeo": [Elektronnyj resurs] <https://dorpig.ru/>. (Data obrashcheniya: 30.04.2022).

14. Sajt predpriyatiya ООО "Armplast-GEO": [Elektronnyj resurs]. <https://armplast-geo.ru/>. (Data obrashcheniya: 30.04.2022).

15. Sajt predpriyatiya ООО "GEOPOLITEKS": [Elektronnyj resurs]. <https://geopolitex.ru/>. (Data obrashcheniya: 30.04.2022).

16. Eliseeva I.I. i dr. Ekonometrika / Pod red. I. I. Eliseevoy. – М.: Izdatel'stvo "YUrajt", 2014.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения, метрологии и стандартизации ИВГПУ. Поступила 09.06.22.

**К 135-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
ЗАСЛУЖЕННОГО ДЕЯТЕЛЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПРОФЕССОРА В. Е. ЗОТИКОВА**

А. Ф. ПЛЕХАНОВ

A.F. PLEKHANOV

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

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

E-mail: vonahelp@mail.ru

Исполнилось 135 лет со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации, доктора технических наук, профессора Владимира Евгеньевича Зотикова – одного из выдающихся ученых-текстильщиков XX столетия.

В. Е. Зотиков родился 10 января (23 января по старому стилю) 1887 года, в Ялте, в семье инженера-механика. В январе 1897 г. поступил в Московское частное реальное училище К. П. Воскресенского, где учился до июня 1904 г., окончив полный шестилетний курс по основному отделению и дополнительный класс. В августе 1904 г. поступил на механическое отделение Императорского Московского технического училища и в январе 1911 г. с отличием его окончил с присвоением звания инженера-механика.

После учебы и прохождения воинской службы в сентябре 1911 г. В. Е. Зотиков приступил к работе на Раменской хлопчатобумажной прядильно-ткацкой фабрике "П. Малютин и Сыновья", организовав лабораторию по приемке и качественному испытанию хлопкового волокна. В 1912 г. был переведен на должность мастера прядильного цеха. В 1913 г. выезжал в Германию, посетив города Берлин, Дрезден, Мюнхен, Лейпциг, а также в Швейцарию для ознакомления с работой предприятий текстильной промышленности.

В.Е. Зотиков являлся участником Первой мировой войны, имел боевые награды. После демобилизации, с января 1918 г. вернулся на Раменскую прядильную фабрику,

которая после национализации была переименована в прядильно-ткацкую фабрику "Красное знамя". В октябре 1919 г. Владимир Евгеньевич был призван в Красную армию, где служил старшим инженером-приемщиком Штаба железнодорожных войск. В сентябре 1921 г. он был откомандирован в распоряжение Народного комиссариата просвещения, зарегистрирован в качестве научного работника и назначен преподавателем черчения в МВТУ. С 1924 г. Владимир Евгеньевич также преподавал в Московской горной академии и Московском институте народного хозяйства имени Г. В. Плеханова.

В июне 1923 г. В.Е. Зотиков поступил на работу инженером во Всесоюзный Текстильный Синдикат, а в 1925 г. переведен на должность старшего инженера в техническое бюро экспертной комиссии по хлопку при Научно-техническом совете ВСНХ. С ноября 1928 г. работает во вновь созданном Научно-исследовательском текстильном институте (НИТИ) заместителем заведующего хлопковым отделом, а с февраля 1935 по 1939 гг. – в ЦНИИ хлопчатобумажной промышленности (ЦНИИХБИ).

В Московском текстильном институте В. Е. Зотиков в 1928-1934 гг. преподавал в должности доцента, профессора, являлся заведующим кафедрой технологии волоконистых материалов.

С 1935 по 1938 гг. В. Е. Зотиков являлся профессором в МВТУ им. Н. Э. Баумана. В 1935 г. решением ВАК Владимир Евгеньевич был утвержден в ученом звании

профессора по кафедре технология хлопка, а в 1938 г., по совокупности научных трудов ему присуждена ученая степень кандидата технических наук.

С 1939 г., после успешной защиты докторской диссертации, профессор В.Е. Зотиков заведовал кафедрами: общей механической технологии волокнистых материалов (1939), хлопкопрядения (1940-1942), основы прядения (1942-1947), механической технологии волокнистых материалов (1947-1967) Московского текстильного института (МТИ).

В годы Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. В.Е. Зотиков оставался в Москве и продолжал научную работу, участвовал в сооружении оборонительных укреплений на подступах к столице. Награжден медалями "За оборону Москвы" и "За доблестный труд в Великой Отечественной войне".

Владимир Евгеньевич Зотиков является виднейшим российским ученым и талантливым продолжателем идей основателя науки о процессах прядения профессора Николая Алексеевича Васильева.

Плодотворная, многообразная и неопценимая научная работа профессора В.Е. Зотикова получила отражение во множестве опубликованных статей, в монографиях и учебниках, а также во многих неопубликованных трудах, лекциях для студентов, аспирантов, а также в многочисленных докладах в министерствах, институтах и на предприятиях отрасли.

Владимир Евгеньевич являлся виднейшим исследователем физико-механических показателей свойств хлопкового волокна. Им проведены большие исследования волокон хлопка с целью разработки научных методов оценки и введены такие показатели, как модальная и штапельная длина, база и равномерность, установлены функциональные зависимости между базой и дисперсией волокон по длине. Детальные исследования волокон хлопка позволили разработать методику построения кривых распределения волокон по длине и определения вышеуказанных параметров с помощью специальных приборов. Дальнейшее развитие этих методов получило в работах

инженера В. Н. Жукова, профессора А. Н. Соловьева и ряда других исследователей. Используя методы исследования и оценки деформации растяжения, применяемые в такой науке, как сопротивление материалов, Владимир Евгеньевич изучил закономерности растяжения хлопкового волокна. Он впервые установил влияние зрелости, извитости, тонины и других свойств волокон на их упругие свойства и остающиеся удлинения, исследовал гистерезисные петли нагрузка-разгрузка волокна и его утомляемость, устаовил величины модуля упругости для волокон различной зрелости. В результате работ проф. В.Е. Зотикова создана оригинальная советская методика испытания хлопкового волокна, нашедшая отражение в стандартах и оказавшая влияние на разработку методов испытания других волокон. Был совершен поистине скачок от примитивного и субъективного – к научному и объективному методу оценки свойств волокна хлопка, который обусловил наиболее полное и рациональное использование свойств волокна в производстве. Эти достижения позволили совершить перевод хлопчатобумажной промышленности с английской на более прогрессивную и простую метрическую систему измерения текстильных материалов.

В его работах научно рассмотрены различные стороны процесса вытягивания и впервые дано объяснение основным явлениям, наблюдаемым при вытягивании волокон, выведены важнейшие качественные зависимости. В 1933 г. в работе "Теория процесса вытягивания в хлопкопрядении" впервые дано экспериментальное определение напряжения поля сил трения, его распределение в вытяжных приборах, показано значение полей сил трения для закономерного движения волокон и определен оптимальный характер его изменения. Теоретический анализ и экспериментальное исследование сдвига волокон в вытяжных приборах позволили Владимиру Евгеньевичу установить, что движение волокон имеет определенную закономерность и типичным движением их является такое, при котором волокна движутся со скоростью питающей пары до тех пор, пока передние

их концы не достигнут выпускной пары и примут ее скорость, причем расстояние между передними концами волокон увеличивается в этом случае на величину вытяжки. Проф. В.Е. Зотиков установил, что деление волокон на контролируемые и плавающие носит чисто условный характер. Возбудителями неровноты в процессе вытягивания являются не только плавающие волокна, но и длинные. Он также исследовал кинематику распрямления волокон и показал влияние среднего значения неровноты в степени распрямленности волокон на движение их в поле вытягивания, и неровноту от вытягивания. В его работах дано очень четкое физическое объяснение основных причин возникновения неровноты в процессе вытягивания и впервые подробно показана роль структурной неровноты входящего продукта на неровноту, возникающую в процессе вытягивания.

Владимир Евгеньевич сделал попытку построения приближенной формулы для оценки неровноты, получаемой в процессе вытягивания, а также формул для разложения общей вытяжки на частные. В его работах даны общие соображения о построении планов прядения и принципиальные требования к конструкции вытяжных приборов высокой вытяжки. Главнейшие положения этой теории были использованы во многих отечественных учебниках по прядению.

В работах профессора В.Е. Зотикова раскрываются физическая сущность и значение кривой утонения продукта в поле вытягивания, дается графо-аналитический метод построения этой кривой; проводится обобщение и анализ усилий, необходимых для вытягивания продукта; рассматривается вопрос о первой частной вытяжке и о роли крутки ровницы в процессе вытягивания; даются более четкие указания, которые должны быть положены в основу при конструировании новых вытяжных приборов. Эти положения следующие: волокна должны двигаться со скоростью подающей пары, поле сил трения подающей пары должно быть длинным, более максимальной длины волокон, с постепенно падающим напряжением по направлению к передней паре. Поле сил трения выпускной

пары должно быть коротким, с резким возрастанием напряжения и более сильным.

В 1937 г. проф. В.Е. Зотиков пишет большую и содержательную статью, а по сути дела, монографию на тему "Анализ и теоретическое обоснование прядения хлопка на базе научно-исследовательских работ". Многие положения этой работы являются оригинальными и актуальными в настоящее время. Глубокие теоретические и экспериментальные исследования неровноты позволили Владимиру Евгеньевичу в 1939 г. представить и успешно защитить докторскую диссертацию на тему "Неровнота в хлопкопрядении". В этой работе рассматривается в полной мере сложность неровноты продуктов прядения, дается классификация видов неровноты, и методы ее оценки. Здесь Владимир Евгеньевич впервые ввел понятие градиента неровноты и, сделав предположение о характере аналитического выражения карелограммы, получил уравнение этого градиента для различных видов неровноты. Эта работа значительно расширила наши представления о неровноте продуктов прядения и позволила найти более эффективные методы оценки и борьбы с неровнотой на разных этапах хлопкопрядильного производства. Владимир Евгеньевич расширил и уточнил понятие структурной неровноты, осуществил ее классификацию, установил принцип для оценки неровноты смешивания. Взаимосвязь между неровнотой продуктов прядения и неровнотой технологических процессов, неровнотой режима работы машин – вот что является характерным в научном анализе неровноты, проводимом проф. В.Е. Зотиковым.

Во время отечественной войны, когда на хлопкопрядильных фабриках были известные трудности, и возникала высокая обрывность, Владимир Евгеньевич в ряде номеров журнала "Текстильная промышленность" в 1943 году помещает большую статью на тему "Обрывность и меры борьбы с ней в целях повышения производительности труда". Эта статья и в настоящее время актуальна и имеет большое методическое и практическое значение.

В период восстановления промышленности после войны, когда встал вопрос о путях дальнейшего развития советской техники прядения, Владимир Евгеньевич принимал активное участие при выборе более совершенного типа кольцепрядильной машины, который необходим был для освоения отечественным машиностроением и внедрения в промышленность.

В этот период проф. В. Е. Зотиков делает много докладов и пишет статью о путях развития техники прядения хлопка.

Основные принципы построения новой системы прядения были положены в основу при реконструкции в 70-х годах прошлого столетия Московской хлопчатобумажной фабрики имени М. В. Фрунзе (ГП "Даниловская мануфактура") и на прядильной фабрике "Автомат" в московском районе Чертаново.

Необходимо также отметить интересную работу проф. В.Е. Зотикова по теоретическому исследованию процесса намотки на ровничных машинах. Данная работа помогла производственникам устранить дефект у большой партии ровничных машин, выпущенных Ташкентским заводом. В 1954 г. по заданию промышленности под руководством Владимира Евгеньевича проведены большие сравнительные испытания

вытяжных приборов систем ИвНИТИ, ЦНИХБИ, ВНИИЛТЕКМАШ.

Главнейшие положения теории вытягивания проф. В.Е. Зотикова известны также и за пределами Российской Федерации. Учебник "Основы прядения", вышедший в 1945 г. под редакцией проф. Зотикова, был переиздан в Польше, а в 1950 г. раздел этого учебника "Вытягивание" был перепечатан во французском журнале "Рейонэ". Исследователи процесса вытягивания в Англии (Грхи и Ийхэм), Венгрии (Гангли), Швейцарии (Rieter) и других странах делают ссылки на работы Владимира Евгеньевича. В 1995 г. в Берлине был переиздан учебник, выпущенный в 1959 г. в соавторстве с другими российскими учеными, под редакцией профессора В. Е. Зотикова.

Вклад Владимира Евгеньевича Зотикова в мировую науку и теорию прядения волокон трудно переоценить. Его честное и самоотверженное служение текстильной науке, профессии, отрасли и обществу являются образцом для подражания и должны передаваться от поколения к поколению молодых исследователей и практиков при подготовке текстильных кадров.

Поступила 24.04.22.

СОДЕРЖАНИЕ

Обзорные статьи

<i>Белгородский В.С., Дембицкий С.Г., Силаков А.В., Кушнир А.М., Дианова Т.В.</i> Экономическая проблематика текстильной промышленности в зеркале библиографических баз данных	5
--	---

Экономика, управление и организация производства

<i>Юссуф А.А., Савельев И.И., Волостнов Н.С.</i> Проблемы перехода предприятий текстильной промышленности на траекторию устойчивого развития в условиях волатильности и неопределенности	18
<i>Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Темербаатарын Амаржаргалан.</i> Трудовой компонент в экономической безопасности текстильных предприятий Ивановской области	25
<i>Погодина И.В., Авдеев Д.А., Аверин А.В., Опарина Л.А.</i> ESG-трансформация текстильной промышленности: постановка проблемы	32
<i>Мамедова Х.Ф., Мамедов Ф.А., Таштулатов С.Ш.</i> Проблемы повышения эффективности использования материальных и трудовых ресурсов швейной промышленности Азербайджана	39
<i>Нысанбаев А.А., Садыков А.С., Кальменова М.Т., Абельданова А.Б., Есиркепова А.М.</i> Стратегия государственного регулирования текстильной индустрии Республики Казахстан	43
<i>Нурашева К.К., Сейсенбаева Ж.М., Альжанова А.А.</i> Перспективы создания интегрированных инновационных структур в отрасли по переработке хлопка	48
<i>Ксенофонтова Х.З., Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Седова Н.В., Полянская О.А., Положенцева И.В.</i> Влияние проектного подхода на наращивание компетенций менеджеров промышленной компании в условиях цифровизации	52

Материаловедение

<i>Пашин Е.Л., Разин С.Н., Орлов А.В.</i> Причины снижения точности определения разрывной нагрузки льняного волокна по стандартному методу на машине РМП-1	59
<i>Ефанов Е.Д., Шустов Ю.С.</i> Влияние многократных стирок на физико-механические свойства текстильных материалов для работников авторемонтных предприятий	65
<i>Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю.</i> Оценка качества теплоизоляционных нетканых материалов с функцией терморегуляции и саморегуляции, сформированных путем диспергирования волокон в потоке воздуха	70
<i>Алиева З.Х., Джаббарова Г.З., Аллахвердиева И.Ф.</i> Влияние заданных нагрузок на компоненты полной деформации растяжения текстурированной нити типа эластик	76
<i>Кудринский С.В., Тюрин И.Н., Курочкина Т.А., Таштулатов С.Ш., Белгородский В.С.</i> Исследование свойств и определение состава экоматериалов на основе растительной кожи	81
<i>Зиновьев В.П., Рубцов В.И., Шустов Ю.С., Тимошенко А.Н., Оленина И.В.</i> Влияние зажимной длины образца на результаты прочностных показателей хлопчатобумажных тканей	86
<i>Сташева М.А., Гойс Т.О., Гусев Б.Н.</i> Совершенствование нормативного обеспечения при оценке качества мембранных тканей	91
<i>Махмудова Г.И., Таштулатов С.Ш., Нурматова О.И., Зуфарова З.У., Кайранбеков Г.Д.</i> Анализ физико-механических свойств плюшевого трикотажа на базе прессового переплетения	97
<i>Панкевич Д.К., Харапудько Ю.В., Кудрицкий В.Г.</i> Анализ структуры и эксплуатационных свойств мембранных материалов для водонепроницаемой одежды	101

Первичная обработка. Прядение

<i>Топал С.Н., Орлов А.В., Пашин Е.Л.</i> Совершенствование конструкции станка СМТ-500 для оценки качества новых сортов льна	109
<i>Юсубалиев А.</i> Влияние электросортирования хлопка-сырца на качественные показатели волокна	114

<i>Разумеев К.Э., Федорова Н.Е., Голайдо С.А.</i> Дополнительное эмульсирование как возможность снижения неровноты пряжи	120
<i>Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Плеханов А.Ф., Виноградова Н.А.</i> Исследование характеристик прочности хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья	123
<i>Лаврентьева Е.П., Санина О.К., Белоусов Р.О.</i> Глубокая переработка лубяных волокон – путь к возрождению национальных традиций России	130

Технология текстильных изделий

<i>Быковский Д.И., Чарковский А.В., Дягилев А.С., Лобацкая Е.М.</i> Исследование гибридного кулирного трикотажа платированных переплетений с улучшенными гигиеническими свойствами	140
<i>Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю., Кожевников С.О.</i> Сравнительное исследование физико-механических свойств триаксиальной ткани и ткани ортогонального строения полотняного переплетения	148

Химия и технология отделки и модификации

<i>Кузнецов О.Ю., ШUTOва Т.А., Кириленко М.А., Головлев М.Г.</i> Влияние волокнистых котонизированных материалов на развитие микроорганизмов	152
<i>Калдыбаева Г.Ю., Набиева И.А., Елдияр Г.К., Нуркулов Ф.Н.</i> Изучение влияния природы гидрофобизирующих композиций на водоотталкивающую способность ткани	157
<i>Хакназарова О.Д., Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Бабаханова М.А.</i> Свойства полимерной пленки для упаковочной продукции	164
<i>Трофименко Е.А., Бухаркина Т.В., Вержичинская С.В., Козловский И.А.</i> Ускоренная стабилизация полиакрилонитрильного волокна для получения высокопрочных углеродных волокон	172

Швейное производство

<i>Даваадорж Буяндэлгэрю.</i> Исследование формы руки, связанной с рукавом модели одежды	180
<i>Шалмина И.И., Старовойтова А.А.</i> Особенности функционального наполнения "умного" жилета для путешественников	184
<i>Копылов А.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г.</i> Исследование величин межразмерных приращений в современной мужской одежде.....	192

Текстильные машины и агрегаты

<i>Кондратенко Л.А., Дмитриев В.Г., Миронова Л.И., Хейло С.В.</i> Динамический анализ подпружиненных механизмов в текстильных машинах	198
---	-----

Автоматизация и информационные технологии

<i>Переборова Н.В., Литвинов А.М., Макарова А.А., Киселев С.В.</i> Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование деформационных процессов морских полимерных канатов	205
<i>Киселев С.В., Козлов А.А., Егоров И.М.</i> Компьютерное прогнозирование деформационных режимов эксплуатации геотекстильных нетканых материалов	214
<i>Кошелева М.К., Дорняк О.Р., Хмелев В.Н., Новикова Т.А.</i> Моделирование кинетики конвективной сушки текстильных материалов при ультразвуковом воздействии	221

Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

<i>Сизов А.П., Колбашов М.А., Комельков В.А., Циркина О.Г., Салихова А.Х.</i> Изучение эксплуатационных характеристик комбинированного магнитожидкостного уплотнения насосного оборудования ..	229
--	-----

Техническая эстетика и дизайн

<i>Белько Т.В.</i> Выявление зависимостей фаз преобразования природных мотивов и развития геометрической структуры костюма	235
<i>Галкина М.М., Макарова Т.Л.</i> Анализ образов человека в дизайне рекламных плакатов (2013 - 2020 гг.)	238
<i>Алибекова М.И., Серикова А.Н., Голованёва А.В., Фирсова Ю.Ю., Силаков А.В.</i> Метод кастомизации в художественном оформлении обуви	242
<i>Щербакова Н.И.</i> Студенческая коллекция казахской одежды как фактор молодежной интерпретации традиционного костюма	247

Механика нити и полотен

<i>Сейтказенова К.К., Мырзалиев Д.С., Арапов Б.Р., Жумалиев Б.Б., Аким Е.</i> Энергетический критерий износостойкости материалов	255
--	-----

Композиты на волокнистой основе

<i>Кокшаров С.А., Алеева С.В., Калинин Е.Н.</i> Повышение прочности льняной основы биокompозитов путем биохимической трансформации полиуглеводов и лигнина	261
--	-----

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Щепочкин А.М., Щепочкина Ю.А.</i> Сорные примеси в текстильном сырье (льне, хлопке, шерсти) ...	270
<i>Сагитова Г.Ф., Джанпаизова В.М., Тогатаев Т.У., Еишжанов А.А., Садырбаева А.С., Шуханова Ж.К.</i> Применение текстильсодержащих отходов в резиновой промышленности	273
<i>Торобаев Б.П., Болысбаев Д.С., Рсмаханбетова Ш.Е., Маханбетова Н.А.</i> Классический текстильный рисунок: клетка и горошек	279
<i>Торобаев Б.П., Сиддигов П.С., Ханазарова К.О., Содикова Н., Тилеукулов Г.С., Жураев У.</i> Краткая история возникновения и развития абровых тканей Узбекистана	282
<i>Пухова Е.И., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.</i> Определение базовых значений показателей качества конкурентоспособной геотекстильной продукции	287
<i>Плеханов А.Ф.</i> К 135-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации профессора В.Е. Зотикова	291

CONTENTS

Review articles

<i>Belgorodskii V.S., Dembitsky S.G., Silakov A.V., Kushnir A.M., Dianova T.V.</i> Economic Issues of The Textile Industry in the Mirrors of Bibliographic Databases	5
--	---

Economics and Production Planning

<i>Yussuf A.A., Savelev I.I., Volostnov N.S.</i> Problems of the Textile Industry Enterprises Transition on the Trajectory of Sustainable Development in the Conditions of Volatility and Uncertainty	18
<i>Shakhova I.Yu., Speransky S.N., Tumurbaatar Amarjargalan.</i> Labour Component in the Economic Security of the Ivanovo Region Textile Enterprises	25
<i>Pogodina I.V., Avdeev D.A., Averin A.V., Oparina L.A.</i> ESG-Transformation of the Textile Industry: Statement of the Problem	32
<i>Mamedova Kh.F., Mamedov F.A., Tashpulatov S.Sh.</i> Problems of Increasing the Efficiency of Use Both Material and Labour Resources of Azerbaijan Garment Industry	39
<i>Nysanbayev A.A., Sadykov A.S., Kalmenova M.T., Abeldanova A.B., Yessirkepova A.M.</i> Strategy for the Textile Industry State Regulation of the Republic of Kazakhstan	43

<i>Nurasheva K.K., Seisenbayeva Zh.M., Alzhanova A.A.</i> Prospects for the Creation of Integrated Innovative Structures in the Cotton Processing Industry	48
<i>Ksenofontova Kh.Z., Filatov V.V., Mishakov V.Yu., Sedova N.V., Polyanskaya O.A., Polozhentseva I.V.</i> The Impact of the Project Approach on Building the Managers' Competencies of an Industrial Company in the Digitalization Context	52

Materials

<i>Pashin E.L., Razin S.N., Orlov A.V.</i> Reasons for Decreasing the Accuracy of Determining the Breaking Load of Linen Fiber According to the Standard Method by Machine RMP-1	59
<i>Efanov E.D., Shustov Yu.S.</i> The Influence of Multiple Washing on the Change in the Physical and Mechanical Properties of Fabrics for Workers of Automotive Repair Plants	65
<i>Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu.</i> Assessment of the Quality of Thermal Insulation Nonwoven Materials with the Function of Thermal Regulation and Self-Regulation Formed by Dispersion of Fibers in the Airflow	70
<i>Alieva Z.Kh., Jabbarova G.Z., Allahverdieva I.F.</i> The Influence of Given Loads on the Components of Total Tension Deformation of Elastic Type Textured Threads	76
<i>Kudrinsky S.V., Tyurin I.N., Kurochkina T.A., Tashpulatov S.Sh., Belgorodsky V.S.</i> Research of Properties and Determination of Composition of Ecomaterials Based on Plant Leather	81
<i>Zinovev V.P., Rubtsov V.I., Shustov Yu.S., Timoshenko A.N., Olenina I.V.</i> Effect of Clamping Length of Sample on the Results of Cotton Fabrics Strength Indices	86
<i>Stasheva M.A., Gois T.O., Gusev B.N.</i> The Improvement of Regulatory Support in Assessing the Quality of Membrane Fabrics	91
<i>Makhmudova G.I., Tashpulatov S.Sh., Nurmamatova O.I., Zufarova Z.U., Kairanbekov G.D.</i> Analysis of the Physical and Mechanical Properties of the Plush Knitted Fabric Based on the Tuck Stitch	97
<i>Pankevich D.K., Kharapudko Yu.V., Kudritskiy V.G.</i> Analysis of the Structure and Performance Properties of Membrane Materials for Waterproof Clothing	101

Preliminary Treatment. Spinning

<i>Topal S.N., Orlov A.V., Pashin E.L.</i> Improving the Design of SMT-500 Machine for Quality Control of New Flax Strains	109
<i>Yusubaliev A.</i> Influence of Electric Sorting of Raw Cotton on Qualitative Indicators of Fiber	114
<i>Razumeev K.E., Fedorova N.E., Golaido S.A.</i> Additional Emulsion as a Possibility to Reduce Yarn Unevenity	120
<i>Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V., Plekhanov A.F., Vinogradova N.A.</i> The Study of Secondary Raw Materials' Cotton Yarn Strength Characteristics	123
<i>Lavtenteva E.P., Sanina O.K., Belousov R.O.</i> The Deep Processing of Bast Fibers as the Way to the Revival of the National Traditions of Russia	130

Technology of Textile Products

<i>Bykovski D.I., Charkovskij A.V., Dyagilev A.S., Lobatskaja E.M.</i> Examination of Hybrid Plated Jersey Fabrics with Improved Hygienic Properties	140
<i>Kozhevnikova L.V., Kareva T.Yu., Kozhevnikov S.O.</i> Comparative Study of Physical and Mechanical Properties of Triaxial Fabric and Fabric with Plain Weave Orthogonal Structure	148

Chemistry and Technology of Finishing and Modification

<i>Kuznetsov O.Yu., Shutova T.A., Kirilenko M.A., Golovlev M.G.</i> Influence of Fibrous Cottonized Materials on the Development of Microorganisms	152
<i>Kaldybaeva G.Yu., Nabieva I.A., Yeldiyar G.K., Nurkulov F.N.</i> Study of the Effect of the Nature of Hydrophobic Compositions on the Water Repellency of Fabrics	157
<i>Khaknazarova O.D., Babakhanova H.A., Galimova Z.K., Babakhanova M.A.</i> Properties of Polymer Film for Packaging Products	164
<i>Trofimenko E.A., Bukharkina T.V., Verzhichinskaya S.V., Kozlovsky I.A.</i> Accelerated Stabilization of Polyacrylonitrile Fiber for Producing High-Strength Carbon Fibers	172

Sewing

<i>Buyandelger Davaadorj.</i> A Study of Arm Shape Related to Sleeve Pattern of Clothing	180
<i>Shalmina I.I., Starovoitova A.A.</i> Features of the Functional Filling of the "Smart" Vest for Travelers	184
<i>Kopylov A.A., Petrosova I.A., Andreeva E.G.</i> Research of the Values of Inter-Dimensional Increments in Modern Men's Clothing	192

Textile Machines and Aggregates

<i>Kondratenko L.A., Dmitriev V.G., Mironova L.I., Kheilo S.V.</i> Dynamic Analysis of Spring Loaded Mechanisms in Textile Machines	198
---	-----

Automation and Information Technologies

<i>Pereborova N.V., Litvinov A.M., Makarova A.A., Kiselev S.V.</i> Mathematical Modeling and Computer Prediction of Deformation Processes of Marine Polymer Ropes	205
<i>Kiselev S.V., Kozlov A.A., Egorov I.M.</i> Computer Prediction of Deformation Modes of Geotextile Nonwoven Materials' Operation	214
<i>Kosheleva M.K., Dorniyak O.R., Khmelev V.N., Novikova T.A.</i> Modeling of the Convective Drying Kinetics of Textile Materials under Ultrasonic Action	221

Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

<i>Sizov A.P., Kolbashov M.A., Komelkov V.A., Tsirkina O.G., Salikhova A.Kh.</i> Performance Characteristics Study of the Combined Magnetic-Liquid Pumping Equipment Sealing	229
--	-----

Technical Aesthetics and Design

<i>Belko T.V.</i> Identification of Dependencies of Natural Motif Transformation Phases and Development of the Costume Geometric Structure	235
<i>Galkina M.M., Makarova T.L.</i> Analysis of Human Images in the Design of Advertising Posters (2013 - 2020)	238
<i>Alibekova M.I., Serikova A.N., Golovaneva A.V., Firsova Yu.Yu., Silakov A.V.</i> Method of Customization in Artistic Shoe Decoration	242
<i>Shcherbakova N.I.</i> Student Collection of Cossack Clothes as a Factor of Youth Interpretation of Traditional Costume	247

Mechanics of Threads and Fabrics

<i>Seitkazenova K.K., Myrzaliev D.S., Arapov B.R., Zhumaliyev B.B., Akim E.</i> Energy Criterion of Materials' Wear Resistance	255
--	-----

Fiber-based Composites

<i>Koksharov S.A., Aleeva S.V., Kalinin E.N.</i> Increasing the Strength of the Linen Base of Biocomposites by Biochemical Transformation of Polycarbohydrates and Lignin	261
---	-----

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Shchepochkin A.M., Shchepochkina Yu.A.</i> Weed Impurities in Textile Raw Materials (Flax, Cotton, Wool)	270
<i>Sagitova G.F., Janpaizova V.M., Togataev T.U., Eshzhanov A.A., Sadyrbayeva A.S., Shukhanova Zh.K.</i> Application of Textile-Containing Wastes in the Rubber Industry	273
<i>Torebaev B.P., Bolysbaev D.S., Rsmakhanbetova Sh.E., Makhanbetova N.A.</i> Classic Textile Pattern: Plaid and Polka Dots	279

<i>Torebaev B.P., Siddikov P.S., Khanazarova K.O., Sodikova N., Tileukulov G.S., Juraev U.</i> A Brief History of the Abr Fibre Origin and Development in Uzbekistan	282
<i>Pukhova E.I., Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.</i> Determination of the Quality Indicators' Main Values of Competitive Geotextile Products	287
<i>Plekhanov A.F.</i> On the 135th Anniversary of the Birthday Honored Worker of Science and Technology of Russian Federation Professor V.E. Zotikov	291