

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 (405)
2023**

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

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

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

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

Издание Ивановского государственного политехнического университета

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Заместитель главного редактора

Е.В. РУМЯНЦЕВ (д.х.н., ректор)
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. ЦИРКИНА (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 03.06.2023. Подписано в печать 30.06.2023. Формат 60x84 1/4.

Усл. печ. л. 32,55. Заказ 5483. 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

**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 (405)
2023**

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.)

Editorial board (Russia):

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

Executive secretary *E.N. KALININ*

Address: 153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21.

Tel.: +7(4932)41-75-02.

E-mail: ttp@ivgpu.com

<http://ttp.ivgpu.com>

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796.
Passed for typesetting on 03.06.2023. Signed for printing on 30.06.2023. Format 60×84 1/8.
32.55 conventional sheets. Order 5483. 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 677.01:338.02

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_5

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА
В ИНДУСТРИИ МОДЫ**

**PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF CLOSED CYCLE SYSTEMS
IN THE FASHION INDUSTRY**

А.Ш. ИРГАШЕВА¹, Л.Л. ЧАГИНА¹, А.В. ТРЫНОВА²

A.SH. IRGASHEVA, L.L. CHAGINA, A.V. TRYNOVA

(¹Костромской государственной университет,

²Ярославский филиал Финансового университета при Правительстве РФ)

(¹Kostroma State University,

²Yaroslavl branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation)

E-mail: zyzuk_93@mail.ru, lyu-chagina@yandex.ru, nastyatrn112002@gmail.com

В статье рассмотрены особенности перехода предприятий индустрии моды на модель производства замкнутого цикла. Внедрение систем циркулярного производства имеет тесную связь с устойчивым развитием, где необходим баланс между технологическими, экономическими, экологическими и социальными аспектами производственного процесса, в результате которого образуется как продукция, так и отходы. Принципы модели замкнутого цикла получают распространение в текстильной промышленности и индустрии моды, поскольку данные отрасли являются одними из наиболее загрязняющих окружающую среду. Исследовательская работа направлена на выявление барьеров и анализ факторов, влияющих на внедрение систем замкнутого цикла в производстве одежды. В статье представлены результаты исследования потенциальных возможностей и условий перехода к производству замкнутого цикла в текстильной отрасли промышленности и индустрии моды для достижения целей устойчивого развития. Проведенный анализ показал, что на сегодняшний день потребители имеют базовые знания об экологически чистых продуктах и ограниченное представление об осознанном и ответственном потреблении, использовании и поведении продукта после завершения жизненного цикла.

The article discusses the features of the transition of fashion industry enterprises to the model of closed-loop production. The introduction of circular production systems has a close relationship with sustainable development, where a balance between technological, economic, environmental and social aspects of the production process is needed. It results in both products and waste. The principles of the circular model are gaining ground in the textile and clothing industry, as these industries are among the most polluting. The research work is aimed at identifying barriers and analyzing the factors affecting the implementation of closed-loop systems in clothing production. The article presents the results of the study of the potential opportunities and conditions for the transition to a closed-loop production in the textile and fashion industries to achieve sustainable development goals. The analysis showed that today consumers have basic knowledge about environmentally friendly products and a limited understanding of the conscious and responsible consumption, use and behavior of the product after the end of the life cycle.

Ключевые слова: устойчивое развитие, производство замкнутого цикла, модная индустрия, циркулярная экономика, осознанное потребление, экология, медленная мода, рециклинг.

Keywords: sustainable development, circular production, fashion industry, circular economy, conscious consumption, ecology, slow fashion, recycling.

Введение

Производство замкнутого цикла – это реализация современной концепции циклической экономики в процессе достижения целей устойчивого развития. Концепция экономической модели замкнутого цикла введена в 1976 году Стахелем и Редеем [1]. Авторы охарактеризовали это направление как циркулярное развитие, связанное с жизненным циклом продукции и экологией, лежащей в основе процесса ее производства. Данная концепция приводит к всестороннему пониманию модели устойчивого развития и способствует переоценке ресурсов для производства текстильных изделий. Рассматриваемая практика ведет потребителя к более бережливому, менее расточительному образу жизни, рассматривая каждую деятельность в рамках своих возможностей. Таким образом, производство замкнутого цикла – это смена парадигмы, может быть, не для спасения планеты или человечества, а просто для того, чтобы начать заботиться и уважать окружающий нас мир.

На мировом рынке продажи индустрии моды составляют 450 миллиардов долларов, что характеризует ее как значимую

отрасль экономики [2], [3], при этом занимающую третье место по совокупному объему загрязнения окружающей среды, уступая только нефтяной промышленности и сельскому хозяйству. В связи с этим вопрос необходимости перехода текстильной отрасли от линейной экономической модели к экономике замкнутого цикла чрезвычайно актуален [4...7]. Модель производства замкнутого цикла направлена на смягчение воздействия на окружающую среду и сокращение образования отходов в окружающей среде. Такая модель способствует увеличению жизненного цикла продукта от сырья до производства, от потребления до завершения жизненного цикла, используя методы безотходного производства, повторного использования и ремонтпригодности [8].

Понятие вторичной переработки текстиля существует как теоретически, так и практически, однако многое еще требует дальнейших исследований и разработок. Научные исследования в этом направлении способствуют пониманию того, как новые технологии и системные изменения в индустрии моды могут улучшить возможности для вторичной переработки тек-

стиля в соответствии с принципами экономики замкнутого цикла [1...42].

Основная часть

Линейная модель экономики была единственной моделью производства, которая применялась со времени промышленной революции в 18 веке. В то время сырье было доступно и существовало в изобилии по низкой стоимости, поэтому модель линейного производства представлялась единственной моделью бизнеса. В этой системе происходил прогресс промышленного производства, который способствовал повышению занятости населения и уровня жизни, развитию городов, увеличению спроса на товары [9]. Линейная модель состоит из добычи ресурсов, производства, распределения, потребления и в конечном счете завершения жизненного цикла, то есть образования отходов [10].

Каждый продукт имеет свой срок службы, по истечению которого он попадает на свалку или сжигается. Линейная модель экономики использует огромное количество сырья, энергии, человеческого труда и нацелена на получение прибыли при меньших затратах капитала [11].

Позже исследователи обнаружили что, линейная модель увеличивает риск во всех аспектах. Истощение почвы, нехватка воды, загрязнение воздуха – это плоды линейной модели экономики, которые усугубили экологическую проблему на планете. Следовательно, необходимо создать новые технологии и усовершенствовать существующие с целью получения вторичного сырья для образования кругового цикла. В этом заключается сущность концепции циркулярного производства, которая была постепенно выведена из линейного. Продление жизненного цикла продукта способствует переходу к устойчивому обществу [5], [6].

Основатель и директор Женевского института «Продукт-жизнь» профессор В. Штагель предложил два направления циркулярной экономики для промышленного производства: специфика продукта и специфика материала. Первое направление основано на повторном использовании, то есть на продлении срока службы продукта,

второе ориентировано на использование отходов в качестве ресурсов [14]. В этом контексте В. Штагель описывает четыре спиральных цикла, а именно: повторное использование, ремонт, восстановление и рециклинг.

Повторное использование – это продление срока службы продукта за счет многократного использования, даже если его эффективность снижается с исходного или желаемого уровня. После завершения предыдущего цикла требуется дополнительный этап, чтобы подготовить продукт к последующим циклам. Таким образом, изделие не считается отходом, а проходит цикл восстановления, то есть используется в качестве сырья для производства нового продукта [14]. В процессе рециклинга отходы перерабатываются для подготовки исходного материала для производства других продуктов. По этому принципу срок службы изделий продлевается за счет имеющихся ресурсов. Все эти четыре стратегии формируют концепцию «ноль отходов», следуя бесконечному циклу производства.

Немецкий химик Михаэль Браунгарт и американский архитектор Уильям Мак-Донах разработали принципы «дизайна для устойчивого развития», в котором применили устойчивые элементы для продления срока службы продукта [15]. В своих книгах «От колыбели до колыбели» и «Вверх по циклу: за устойчивым развитием – планирование изобилия» авторы раскрывают взаимосвязь линейной экономической модели с циклической моделью [16], [17]. Концепция производства замкнутого цикла, которая упоминается в этих книгах, заключается в том, что после окончания жизненного цикла продукт проходит стадию биodeградации в качестве «биологического питания» или переработки в качестве «технического питания». Концепция замкнутого жизненного цикла продукции C2C («От колыбели до колыбели») два последние десятилетия активно внедряется в различные сферы производства, и на текущий момент ее актуальность и целесообразность развития для

текстильной отрасли и индустрии моды не вызывают сомнения.

Циклическое производство напрямую связано с устойчивым развитием. Оно заменяет понятие «конец срока службы» и направлено на восстановление, переход на использование возобновляемых источников энергии, запрет на применение токсичных химических веществ, которые затрудняют рециклинг [18].

Технически концепция экономики замкнутого цикла основывается на трех принципах. Первый принцип – замена ископаемых ресурсов возобновляемыми; второй – продление жизненного цикла продукта и третий принцип – совершенствование методов обнаружения негативных внешних факторов, таких, как загрязнение воды, воздуха, почвы, изменение климата, токсины и т.д. [22].

Текстильная промышленность и индустрия моды считаются наиболее загрязняющими отраслями в мире, поскольку являются ресурсоемкими. В результате их функционирования образуется огромное количество отходов и выделяется значительное количество токсичных веществ, загрязняющих воздух, воду и почву. Производство текстиля основывается преимущественно на невозобновляемых ресурсах, которых используется в среднем 98 млн. тонн в год [43]. Расходуется большое количество запасов нефти, необходимой для производства синтетических волокон, удобрений для выращивания хлопка, химикатов для окрашивания и обработки тканей. Текстильная отрасль, включая выращивание хлопка, потребляет около 93 млрд. тонн воды в год. Ключевые страны-экспортеры хлопка (Китай, Индия, США, Пакистан, Турция) уже сейчас сталкиваются с проблемами ограниченности и сокращения их водных ресурсов [39].

Двенадцатой целью ООН в области устойчивого развития является обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства. Для реализации данной концепции производители должны минимизировать нагрузку на окружающую среду, а потребители – бережнее относиться к ресурсам, практиковать повторное ис-

пользование и делать выбор в пользу более экологичных продуктов.

Сокращение природных ресурсов, необходимых для производства тканей из натуральных волокон, а также увеличение нагрузки текстильной отрасли промышленности на окружающую среду ставят вопрос ее адаптации к принципам экономики замкнутого цикла, при которых отходы от использования текстильных изделий не направляются на захоронение, а селективно собираются и поступают на переработку в новые товары и изделия.

Для внедрения системы устойчивого развития в текстильную промышленность в первую очередь необходимо понимать, что каждый участник процесса, то есть дизайнеры, производители, транспортные компании, покупатели, несет ответственность за используемые и выбрасываемые материалы [19]. Поскольку текстильная промышленность является частью системы моды, способствующей массовому и быстрому потреблению, люди покупают одежду для ношения в течение короткого периода времени, поэтому она быстро превращается в текстильные отходы.

Текстильные отходы можно разделить на три категории, первая из которых – остатки текстильного и швейного производства, такие, как куски ткани, пряжи, кожи, нитей и другое сырье. Вторая категория – это отходы после потребления, то есть одежда, которая больше не является желанной для использования из-за потери эстетической привлекательности, снижения функциональности или порчи. Третья категория – постиндустриальные отходы, включающие жидкости, твердые вещества, химикаты, красители, которые попадают в водные потоки и воздух в процессе производства [10].

Текстильные отходы обладают ресурсной ценностью в качестве сырья для производства пряжи низких сортов, различных нетканых, смесовых материалов, швейной технической и обивочной ваты, а также производства обуви, изоляционных материалов и другой продукции.

Переработка текстильных изделий классифицируется на незамкнутые и за-

мкнутые циклы в зависимости от назначения конечного продукта. В процессе переработки с использованием незамкнутого цикла отходы преобразуются в новый материал, который может быть использован в качестве сырья для производства другого материала. При переработке по замкнутому циклу переработанный материал может заменить первичное сырье. Это означает, что процесс переработки по замкнутому циклу превращает отходы в аналогичный исходному продукт [40]. Данный вид переработки является наиболее целесообразным, так как после переработки материал преобразуется в волокно, которое затем используется для создания аналогичного продукта [41].

Текстильные материалы могут быть переработаны по трем технологиям: механической, химической и биохимической. Также существует термический метод переработки, который используется, если ни один из вышеуказанных методов не может быть применен.

Все технологии переработки важны для очищения свалок от отходов, тем не менее каждый процесс имеет свои достоинства и недостатки. Механический способ является самым простым и экономичным, поскольку не меняет химическую структуру волокна, но приводит к снижению и потере механических свойств. Химическая переработка сохраняет качество волокна, однако является экономически нецелесообразной, если не применяется в больших количествах. Биохимический метод является самым безопасным, так как используются ферменты в качестве биокатализаторов [42].

Внедрение концепции производства замкнутого цикла в массовое потребление одежды влечет за собой развитие философии осознанного потребления. «Носить одежду» и «одеваться» – эти понятия значительно отличаются друг от друга. Во время «одевания» потребитель выражает себя и передает какое-то сообщение. При этом он заботится о происхождении предмета одежды. В то время как «носить одежду» подразумевает неосознанное потребление. Процесс покупки, ношения и утилизации происходит в период коротко-

го времени, а производственный процесс происходит еще быстрее. Производство замкнутого цикла предлагает не только рециклинг материалов, но и апсайклинг, что повышает ценность и качество конечного продукта [20].

Практики ответственного производства основаны на законах природы и способствуют восстановлению ресурсов окружающей среды. Существует несколько принципов, на которых базируется циклическое производство: сохранение природного богатства; сокращение рисков; использование возобновляемых ресурсов. На сегодняшний день все имеющиеся природные ресурсы чрезмерно используются различными отраслями. Сохранение природного капитала означает осознанное использование природных ресурсов, так как при чрезмерной эксплуатации не остается времени для их восстановления [22].

Существуют различные практики и примеры компаний, которые стремятся быть более экологичными и этичными в своих производственных системах. Шведский бренд Nudie Jeans на официальном сайте публикует информацию о том, как и где производится продукция [21]. Бренд описывает состав изделий, средства транспортировки, упаковки и поставщиков. Итальянская компания Orange Fiber производит ткань из жмыха цитрусовых, а Ripatex – из длинных волокон листьев ананаса, что обычно считается побочным продуктом производства и сжигается [44]. Компания Adidas выпускает кроссовки из переработанного пластика. Российские бренды, такие, как Hollofiber и Natural advance, также ориентированы на прозрачность и открытость по отношению к своим покупателям.

Для развития успешного бизнеса модные бренды должны сотрудничать со всеми участниками производственного процесса. Согласно статье «Тройной подход к измерению устойчивости цепочек поставок с использованием анализа данных», опубликованной в Европейском журнале по устойчивому развитию, основной путь к устойчивому развитию – это цепочка поставок (ЦП) [24]. Однако ЦП очень слож-

ная в модной индустрии, поскольку имеет много различных взаимосвязанных процессов и участников. Кроме того, система аутсорсинга привела к появлению партнеров в разных частях мира [25]. Данный фактор является критичным для цикличности, так как сложно отслеживать и контролировать всех поставщиков [26].

Еще одно препятствие, на которое ссылаются исследователи, касается отсутствия государственной политики и фундаментальных знаний в области устойчивой экономики [24]. Автор статьи «Одежда, которая растет» [27] заявляет, что система сложна и бюрократична: например, отсутствие четких правительственных рекомендаций и значительные затраты препятствуют модным брендам перейти на производство замкнутого цикла. Система замкнутого производства не всегда представляет интерес для компаний индустрии моды: сокращение, повторное использование и внедрение в производство органических материалов создают определенные проблемы для развивающихся компаний [13].

Важной задачей для индустрии моды является создание экологически чистых продуктов уже на этапе проектирования. Для того чтобы будущие специалисты имели базовые понятия экологичного проектирования, тема экологии должна включаться в рамки учебных программ профессионального образования. На сегодняшний день система образования в области моды, как правило, оперирует традиционными методами, что в конечном итоге становится серьезным препятствием для внедрения практики ответственного производства в данную область [28].

В последние годы одной из актуальных тематик, рассматриваемых в научных публикациях, является сокращение потребления, то есть популяризация направления «медленной моды», а также практик ответственного, осознанного, этичного потребления. Маркетинговые кампании большинства крупнейших брендов многие годы были направлены на максимальное повышение спроса и развитие «быстрой моды». Только за последние 15 лет объемы мирового производства одежды увеличились

почти вдвое, чему способствовал, прежде всего, всемирный рост среднего класса и покупательной способности населения [39]. Согласно [29] экономическая стабильность «медленной моды» до сих пор остается под вопросом, поскольку компании, работающие по принципу «медленной моды», не могут конкурировать с компаниями «быстрой моды», которые предлагают потребителям широкий ассортимент модных изделий [30]. Авторы [31] также утверждают, что у компаний, которые внедрили принципы циклического производства в свою деятельность, значительно сократилась прибыль и продажи.

Современные потребители, сознавая социальные и экологические последствия излишнего потребления одежды, зачастую по-прежнему выбирают традиционные методы совершения покупок [23]. Они оправдывают нерациональное потребление, утверждая, что не видят негативных последствий таких действий [34].

Одной из практик ответственного потребления и производства для предприятий индустрии моды является открытие пунктов одежды напрокат и магазинов секонд-хенд [35]. Однако по данным экспертов на сегодняшний день основной массе потребителей трудно понять модель одежды напрокат [36]. При этом по результатам проведенного исследования основным препятствием для покупок одежды в магазинах секонд-хенд является их плохая презентация [8]. Согласно опросу только 10% респондентов указали на готовность потреблять одежду из секонд-хенда [37]. Вместе с тем по различным оценкам в ближайшем будущем обороты рынка секонд-хенда могут превзойти обороты «быстрой моды» [44].

Еще одним препятствием на пути развития производства замкнутого цикла в текстильной промышленности и индустрии моды являются технические проблемы, которые включают в себя необходимость сделать процессы переработки устойчивыми [12]. Как правило, технологии вторичной переработки не обеспечивают желаемого уровня качества, и многие компании испытывают трудности в разра-

ботке системы по переработке текстильных отходов из-за отсутствия технологических возможностей [35], [36].

Высокие затраты, связанные с процессами вторичной переработки, также являются сдерживающими факторами для развития экономики замкнутого цикла в модной индустрии [12]. Отсутствие вспомогательной инфраструктуры для сбора у потребителей одежды, пригодной для переработки, системные затраты также делают данную систему малоэффективной [38].

Заключение

Загрязнение окружающей среды и истощение ресурсов являются одними из наиболее значимых глобальных проблем, с которыми вынуждена бороться современная цивилизация. На этом фоне актуализируется вопрос потребительской ответственности за ухудшение социальной и экологической обстановки в мире. Развитие теории и практики ответственного потребления и производства применительно к объектам индустрии моды в контексте устойчивого развития и обеспечения перехода к рациональным моделям потребления на сегодняшний день является чрезвычайно актуальным направлением. Для устойчивого развития отрасли требуются новые методы переработки текстиля и внедрение концепции циркулярной экономики.

Проведенное в работе исследование позволяет констатировать, что на современном этапе имеются значимые предпосылки для перехода предприятий индустрии моды на экономическую модель производства замкнутого цикла. Стратегия внедрения производства замкнутого цикла является важным шагом, поскольку она замедляет ускоряющиеся темпы потребления товаров и услуг. Снижение темпа производства и потребления предполагает осознанность в каждом процессе. Хотя мода и является формой самовыражения и идентичности, необходимо ее превратить в сознательное действие. Для того чтобы научиться рационально использовать ресурсы и поддерживать здоровое взаимодействие с окружающей средой, потребуются годы. Речь идет о создании нового

способа построения системы, следовательно, производство замкнутого цикла – это наиболее экономичное и устойчивое управление ресурсами и благосостоянием.

В данном исследовании представлен анализ источников литературы, посвященных вопросу использования производства замкнутого цикла и принципов циркулярной экономики в текстильной промышленности и индустрии моды. Выявлено множество барьеров, которые препятствуют внедрению практик ответственного производства. Вместе с тем внедрение моделей производства замкнутого цикла является необходимым условием для достижения целей устойчивого развития. При этом для успешной реализации практик ответственного производства нужны меры поддержки и стимулирования со стороны государства.

Что касается потребителей, то среди них на сегодняшний день нет единого мнения по вопросу устойчивой моды и осознанного потребления. Некоторые из них не готовы потреблять экологически чистые продукты из-за их высокой стоимости, другие могли бы платить больше, если бы были уверены, что товар полностью экологичен. Крупные бренды быстрой моды продолжают продвигать и поощрять обостренное и ненужное потребление.

Несмотря на существующие сложности в настоящее время наблюдается растущая тенденция к внедрению систем циркулярного производства в легкой промышленности. Необходимо проведение дальнейших научных исследований и разработок в данной области, привлечение большего количества участников, готовых внести вклад в формирование стратегии ответственного потребления и производства в индустрии моды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *MacArthur E.* Towards the circular economy. *J. Ind. Ecol.* 2, 2013. P 23...42.
2. *Amed I., Balchandani A., Beltrami M., Berg A., Hedrich S. and Rölkens F.* State of Fashion 2019: A year of awakening. Europe, US and Asia, McKinsey & Company, 2019.

3. *Resta B., Gaiardelli P., Pinto R., Dotti S.* Enhancing environmental management in the textile sector: An Organisational-Life Cycle Assessment approach. *J. Clean. Prod.* 2016.
4. *Wang B., Luo W., Zhang A., Tian Z., Li Z.* Blockchain-enabled circular supply chain management: A system architecture for fast fashion. *Comput. Ind.* 2020, DOI:10.1016/j.compind.2020.103324. P. 123.
5. UNCTAD UN. URL: <https://news.un.org/en/story/2019/03/1035161> (accessed on 2 March 2023).
6. *Chen H.L., Burns L.D.* Environmental analysis of textile products. *Cloth. Text. Res. J.* 2006, DOI:10.1177/0887302X06293065. P. 248...261.
7. *Koszevska M.* Circular Economy-Challenges for the Textile and Clothing Industry. *Autex Res. J.* 2018, doi:10.1515/aut-2018-0023.
8. *Mishra S., Jain S., Malhotra G.* The anatomy of circular economy transition in the fashion industry. *Soc. Responsib. J.* 2020, 524–542, DOI:10.1108/SRJ0620190216. P 17.
9. *Rockett E.* Trashion: An Analysis of Intellectual Property Protection for the Fast Fashion Industry, *Plymouth Law & Criminal Justice Review*, vol. 11, 2019. P. 80...102.
10. *Subhankar Maly, Pintu Pandit, Kunal Singha, Amal Ray.* Circular economy in textile and fashion from waste. July 2020, DOI: 10.1002/9781119620532.ch11, P.4.
11. *Cainelli G., D'Amato A., Mazzanti M.* Resource efficient eco-innovations for a circular economy: Evidence from EU rms. *Res. Policy*, 49, 103827, 2020.
12. *Sandvik I.M., Stubbs W.* Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling. *J. Fash. Mark. Manag.* 2019. doi:10.1108/JFMM0420180058. P. 366...381.
13. *Todeschini B.V., Cortimiglia M.N., Callegaro-de-Menezes D., Ghezzi A.* Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. *Bus. Horiz.* 2017, DOI:10.1016/j.bushor.2017.07.003. P. 759...770.
14. *Stahel W.R.* The utilization focused service economy: resource efficiency, in: *The Greening of Industrial Ecosystems*, B.R. Allenby and D.J. Richards (Eds.). National Academy Press, Washington, DC, 1994. P. 178...190.
15. *McDonough W. and Braungart M.* *The Upcycle e Beyond Sustainability eDesigning for Abundance*, Melcher Media, New York, 2013.
16. *Niinimäki K.* Fashion in a circular economy, in: *Sustainability in Fashion: A Cradle to Upcycle Approach*, Springer Nature, Switzerland, 2017. P. 151...169.
17. *Ainamo A.* Rethinking textile fashion: New Materiality, Smart Products, and Upcycling. *Swed. Des. Res. J.*, 12, 53, 2016.
18. *Rathinamoorthy R.* Circular fashion, in: *Circular Economy in Textiles and Apparel*, Woodhead Publishing, United Kingdom, 2018. P. 13...48.
19. *Gardetti M.A.* Introduction and the concept of circular economy, in: *Circular Economy in Textiles and Apparel*, Woodhead Publishing, United Kingdom, 2018. P. 1...11.
20. *Cattermole A.* How the Circular Economy is Changing Fashion. *AATCC Rev.*, 2018. P 18...37.
21. *Weetman C.* *A Circular Economy Handbook for Business and Supply Chains*, Kogan Page, London, 2017.
22. *Koch K. and Domina T.* The effects of environmental attitude and fashion opinion leadership on textile recycling in the US. *J. Consum. Stud. Home Econ.*, 21, 1, 2007.
23. *De Jesus A., Mendonça S.* Lost in Transition Drivers and Barriers in the Ecoinnovation Road to the Circular Economy. *Ecol.Econ.* 2018, DOI:10.1016/j.ecolecon.2017.08.001 P. 145, 75...89.
24. *Fung Y.N., Choi T.M., Liu R.* Sustainable planning strategies in supply chain systems: Proposal and applications with a real case study in fashion. *Prod. Plan. Control.* 2020, DOI:10.1080/09537287.2019.1695913. P. 31, 883...902.
25. *Mejias A.M., Bellas R., Pardo J.E., Paz E.* Traceability management systems and capacity building as new approaches for improving sustainability in the fashion multitier supply chain. *Int. J. Prod. Econ.* 2019. DOI:10.1016/j.ijpe.2019.03.022. P. 217, 143...158.
26. *Nayak R., Akbari, M., Maleki Far S.* Recent sustainable trends in Vietnam's fashion supply chain. *J. Clean. Prod.* 2019. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.03.239 P. 225, 291...303.
27. *Yasin Petit Pli:* Clothes that Grow. *Utop. Stud.* 2017, 28, 576, DOI:10.5325/utopianstudies.28.3.0576
28. *Atalay Onur D.* Integrating Circular Economy, Collaboration and Craft Practice in Fashion Design Education in Developing Countries: A Case from Turkey. *Fash. Pract.* 2020. DOI:10.1080/17569370.2020.1716547. P. 55...77.
29. *Jung S., Jin B.* Sustainable development of slow fashion businesses: Customer value approach. *Sustainability* 2016, 8. DOI:10.3390/su8060540.
30. *Neumann H.L., Martínez L.M., Martínez L.F.* Sustainability efforts in the fast fashion industry: Consumer perception, trust and purchase intention. *Sustain. Accounting, Manag. Policy J.* 2020, DOI: 10.1108/SAMPJ1120190405. P. 571...590.
31. *Li B., Wu K.* Environmental management system adoption and the operational performance of firm in the textile and apparel industry of China. *Sustainability* 2017. DOI: 10.3390/su9060992. P. 12.
32. *Friedrich D.* Comparative analysis of sustainability measures in the apparel industry: An empirical consumer and market study in Germany. *J. Environ.*

Manage. 2021, 289, 112536, DOI:10.1016/j.jenvman.2021.112536.

33. Park H., Lee M.Y., Koo W. The four faces of apparel consumers: Identifying sustainable consumers for apparel. *J. Glob. Fash. Mark.* 2017, 8, 298–312, DOI:10.1080/20932685.2017.1362988.

34. Diddi S., Yan R.N., Bloodhart B., Bajtelsmit V.; McShane K. Exploring young adult consumers' sustainable clothing consumption intention-behavior gap: A Behavioral Reasoning Theory perspective. *Sustain. Prod. Consum.* 2019, DOI:10.1016/j.spc.2019.02.009. P 200...209.

35. Brydges T. Closing the loop on take, make, waste: Investigating circular economy practices in the Swedish fashion industry. *J. Clean. Prod.* 2021, 293, DOI:10.1016/j.jclepro.2021.126245.

36. Colucci M., Vecchi A. Close the loop: Evidence on the implementation of the circular economy from the Italian fashion industry. *Bus. Strateg. Environ.* 2021, 30, 856–873, DOI:10.1002/bse.2658.

37. Liang J., Xu Y. Second-hand clothing consumption: A generational cohort analysis of the Chinese market. *Int. J. Consum. Stud.* 2018, 42, 120–130, DOI:10.1111/ijcs.12393.

38. Claxton S., Kent A. The management of sustainable fashion design strategies: An analysis of the designer's role. *J. Clean. Prod.* 2020. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.122112. P. 268.

39. Elen McArthur's foundation. A new textiles economy: Redesigning fashion's future, 2017. DOI: <https://ceowatermandate.org/resources/a-new-textiles-economy-redesigning-fashions-future-2017/>.

40. Larrain M., Van Passel S., Thomassen G. Economic performance of pyrolysis of mixed plastic waste: open-loop versus closed-loop recycling. *Journal of cleaner production*, 2020.

41. Asaadi S., Hummel M., Hellsten S. Renewable high-performance fibers from the chemical recycling of cotton waste utilizing an ionic liquid. *National library of medicine*, 2016. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27796085/> (дата обращения: 02.03.2023).

42. Randviir E.P., Kanou O., Liauw C.M. The physicochemical investigation of hydrothermally reduced textile waste and application within carbon-based electrodes, 2019. URL: <https://doi.org/10.1039/C9RA0175A> (дата обращения: 02.03.2023).

43. Perry P. (2018). The Environmental Costs of Fast Fashion. Water pollution, toxic chemical use and textile waste: fast fashion comes at a huge cost to the environment. <https://www.independent.co.uk/life-style/fashion/environment-costs-fast-fashion-pollution-waste-sustainability-a8139386.html> (дата обращения: 02.03.2023).

44. Добронравова Ю.А. Устойчивая индустрия моды в ЕС: роль эко-инноваций // *Beneficium*. 2019. № 2(31). С. 4...12.

1. MacArthur E. Towards the circular economy. *J. Ind. Ecol.* 2013. P 23...42.

2. Amed I., Balchandani A., Beltrami M., Berg A., Hedrich S. and Rölkens F. *State of Fashion 2019: A year of awakening. Europe, US and Asia*, McKinsey & Company, 2019.

3. Resta B., Gaiardelli P., Pinto R., Dotti S. Enhancing environmental management in the textile sector: An Organisational-Life Cycle Assessment approach. *J. Clean. Prod.* 2016.

4. Wang B., Luo W., Zhang A., Tian Z., Li Z. Blockchain-enabled circular supply chain management: A system architecture for fast fashion. *Comput. Ind.* 2020. DOI:10.1016/j.compind.2020.103324, P. 123.

5. UNCTAD UN. URL: <https://news.un.org/en/story/2019/03/1035161> (accessed on 2 March 2023).

6. Chen H.L., Burns L.D. Environmental analysis of textile products. *Cloth. Text. Res. J.* 2006. DOI:10.1177/0887302X06293065. P. 248...261.

7. Koszewska M. Circular Economy-Challenges for the Textile and Clothing Industry. *Autex Res. J.* 2018, doi:10.1515/aut20180023.

8. Mishra S., Jain S., Malhotra G. The anatomy of circular economy transition in the fashion industry. *Soc. Responsib. J.* 2020, 524–542, DOI:10.1108/SRJ0620190216. P. 17.

9. Rockett E. Trashion: An Analysis of Intellectual Property Protection for the Fast Fashion Industry. *Plymouth Law & Criminal Justice Review*, vol. 11, 2019. P. 80...102.

10. Subhankar Maly, Pintu Pandit, Kunal Singha, Amal Ray. Circular economy in textile and fashion from waste. July 2020. DOI: 10.1002/9781119620532.ch11, P.4.

11. Cainelli G., D'Amato A., Mazzanti M. Resource efficient eco-innovations for a circular economy: Evidence from EU rms. *Res. Policy*, 49, 103827, 2020.

12. Sandvik I.M., Stubbs W. Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling. *J. Fash. Mark. Manag.* 2019. doi:10.1108/JFMM0420180058. P. 366...381.

13. Todeschini B.V., Cortimiglia M.N., Callegaro-de-Menezes D., Ghezzi A. Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. *Bus. Horiz.* 2017, DOI:10.1016/j.bushor.2017.07.003. P. 759...770.

14. Stahel W.R. The utilization focused service economy: resource efficiency, in: *The Greening of Industrial Ecosystems*, B.R. Allenby and D.J. Richards (Eds.). National Academy Press, Washington, DC, 1994. P. 178...190.

15. McDonough W. and Braungart M. *The Upcycle e Beyond Sustainability eDesigning for Abundance*, Melcher Media, New York, 2013.

16. Niinimäki K. Fashion in a circular economy, in: *Sustainability in Fashion: A Cradle to Upcycle Approach*, Springer Nature, Switzerland, 2017. P. 151...169.

17. *Ainamo A.* Rethinking textile fashion: New Materiality, Smart Products, and Upcycling. *Swed. Des. Res. J.*, 12, 53, 2016.
18. *Rathinamoorthy R.* Circular fashion, in: *Circular Economy in Textiles and Apparel*, Woodhead Publishing, United Kingdom, 2018. P. 13...48.
19. *Gardetti M.A.* Introduction and the concept of circular economy, in: *Circular Economy in Textiles and Apparel*, Woodhead Publishing, United Kingdom, 2018. P. 1...11.
20. *Cattermole A.* How the Circular Economy is Changing Fashion. *AATCC Rev.*, 2018. P. 18...37.
21. *Weetman C.* A Circular Economy Handbook for Business and Supply Chains, Kogan Page, London, 2017.
22. *Koch K. and Domina T.* The effects of environmental attitude and fashion opinion leadership on textile recycling in the US. *J. Consum. Stud. Home Econ.*, 21, 1, 2007.
23. *De Jesus A., Mendonça S.* Lost in Transition Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. *Ecol.Econ.* 2018, DOI:10.1016/j.ecolecon.2017.08.001 P. 145, 75...89.
24. *Fung Y.N., Choi T.M., Liu R.* Sustainable planning strategies in supply chain systems: Proposal and applications with a real case study in fashion. *Prod. Plan. Control.* 2020, DOI:10.1080/09537287.2019.1695913. P. 31, 883...902.
25. *Mejías A.M., Bellas R., Pardo J.E., Paz E.* Traceability management systems and capacity building as new approaches for improving sustainability in the fashion multitier supply chain. *Int. J. Prod. Econ.* 2019. DOI:10.1016/j.ijpe.2019.03.022. P. 217, 143...158.
26. *Nayak R., Akbari M., Maleki Far S.* Recent sustainable trends in Vietnam's fashion supply chain. *J. Clean. Prod.* 2019 DOI:10.1016/j.jclepro.2019.03.239 P. 225, 291...303.
27. *Yasin Petit Pli.* Clothes that Grow. *Utop. Stud.* 2017, 28, 576, DOI:10.5325/utopianstudies.28.3.0576
28. *Atalay Onur D.* Integrating Circular Economy, Collaboration and Craft Practice in Fashion Design Education in Developing Countries: A Case from Turkey. *Fash. Pract.* 2020, DOI:10.1080/17569370.2020.1716547. P. 55...77.
29. *Jung S., Jin B.* Sustainable development of slow fashion businesses: Customer value approach. *Sustainability* 2016, 8. DOI:10.3390/su8060540.
30. *Neumann H.L., Martinez L.M., Martinez L.F.* Sustainability efforts in the fast fashion industry: Consumer perception, trust and purchase intention. *Sustain. Accounting, Manag. Policy J.* 2020, DOI: 10.1108/SAMPJ1120190405. P. 571...590.
31. *Li B., Wu K.* Environmental management system adoption and the operational performance of firm in the textile and apparel industry of China. *Sustainability* 2017. DOI: 10.3390/su9060992. P.12
32. *Friedrich D.* Comparative analysis of sustainability measures in the apparel industry: An empirical consumer and market study in Germany. *J. Environ. Manage.* 2021, 289, 112536, DOI:10.1016/j.jenvman.2021.112536.
33. *Park H., Lee M.Y., Koo W.* The four faces of apparel consumers: Identifying sustainable consumers for apparel. *J. Glob. Fashion. Mark.* 2017, 8, 298–312, DOI:10.1080/20932685.2017.1362988.
34. *Didi S., Yan R.N., Bloodhart B., Bajtelsmit V., McShane K.* Exploring young adult consumers' sustainable clothing consumption intention-behavior gap: A Behavioral Reasoning Theory perspective. *Sustain. Prod. Consum.* 2019, DOI:10.1016/j.spc.2019.02.009. P. 200...209.
35. *Brydges T.* Closing the loop on take, make, waste: Investigating circular economy practices in the Swedish fashion industry. *J. Clean. Prod.* 2021, 293, DOI:10.1016/j.jclepro.2021.126245.
36. *Colucci M., Vecchi A.* Close the loop: Evidence on the implementation of the circular economy from the Italian fashion industry. *Bus. Strateg. Environ.* 2021, 30, 856–873, DOI:10.1002/bse.2658.
37. *Liang J., Xu Y.* Second-hand clothing consumption: A generational cohort analysis of the Chinese market. *Int. J. Consum. Stud.* 2018, 42, 120–130, DOI:10.1111/ijcs.12393.
38. *Claxton S., Kent A.* The management of sustainable fashion design strategies: An analysis of the designer's role. *J. Clean. Prod.* 2020. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.122112. P.268.
39. *Elen McArthur's foundation.* A new textiles economy: Redesigning fashion's future, 2017. DOI: <https://ceowatermandate.org/resources/a-new-textiles-economy-redesigning-fashions-future-2017/>.
40. *Larrain M., Van Passel S., Thomassen G.* Economic performance of pyrolysis of mixed plastic waste: open-loop versus closed-loop recycling. *Journal of cleaner production*, 2020.
41. *Asaadi S., Hummel M., Hellsten S.* Renewable high-performance fibers from the chemical recycling of cotton waste utilizing an ionic liquid. *National library of medicine*, 2016. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27796085/>(accessed on 2 March 2023).
42. *Randviir E.P., Kanou O., Liauw C.M.* The physicochemical investigation of hydrothermally reduced textile waste and application within carbon-based electrodes, 2019. URL: <https://doi.org/10.1039/C9RA0175A> (accessed on 2 March 2023).
43. *Perry P.* (2018). The Environmental Costs of Fast Fashion. Water pollution, toxic chemical use and textile waste: fast fashion comes at a huge cost to the environment. <https://www.independent.co.uk/life-style/fashion/environment-costs-fast-fashion-pollution-waste-sustainability-a8139386.html> (accessed on 2 March 2023).
44. *Dobronravova_Yu. A.* Ustoichivaya industriya modi v ES: rol eko-innovacii // *Beneficium*. 2019. № 2(31). S. 4...12.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров Костромского государственного университета. Поступила 04.04.23.

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

ANALYSIS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DIGITAL METHODS FOR MEASURING THE PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS AND PRODUCTS

Т.Н. НОВОСАД, М.А. СТАШЕВА, Т.О. ГОЙС, А.Ю. МАТРОХИН, Н.А. КОРОБОВ, Б.Н. ГУСЕВ
T.N. NOVOSAD, M.A. STASHEVA, T.O. GOIS, A.YU. MATROKHIN, N.A. KOROBOV, B.N. GUSEV

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: mtsm@ivgpu.ru

В рамках федерального проекта «Цифровые технологии» для решения задач по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономику и социальную сферу Российской Федерации требуется опережающее развитие отечественного научного приборостроения. Одним из действенных путей развития отечественной научной приборной базы в исследовании свойств различных видов текстильных материалов и изделий, не требующих больших капитальных вложений, является создание и дальнейшее развитие цифровых методов исследования, обуславливающих в начальной фазе измерение физических величин.

Определены современные тенденции развития ассортимента текстильных материалов (волокон, нитей, полотен (тканых, нетканых, трикотажных, мембранных)) и обоснована необходимость расширения номенклатуры показателей качества текстильных материалов и изделий в соответствующих технических условиях на их производство с учетом новых потребительских требований (запросов) к качеству продукции. Показана необходимость опережающего развития цифровых методов измерения показателей свойств текстильных материалов и изделий для проведения соответствующих научных исследований, то есть создания задела по научному приборостроению.

Проведена общая систематизация известных структурных свойств текстильных материалов и изделий с возможностью прогнозирования введения новых свойств в рамках создания матричной формы их представления и описания, а также необходимостью представления отдельного свойства в комплементарной форме для разграничения и нормирования количественных показателей свойств.

Осуществлен анализ современного состояния цифровых методов измерения отдельных показателей свойств текстильных волокон, нитей и полотен. Дополнительно выделены первоочередные проблемы стандартизации и метрологического обеспечения цифровых методов измерения показателей свойств текстильных материалов и изделий.

Within the framework of the federal project "Digital Technologies", in order to solve the tasks of ensuring the accelerated introduction of digital technologies into the economy and social sphere of the Russian Federation, the advanced development of domestic scientific instrumentation is required. One of the effective ways

to develop the domestic scientific instrument base in the study of the properties of various types of textile materials and products that do not require large capital investments is the creation and further development of digital research methods that cause the measurement of physical quantities in the initial phase.

The current trends in the development of the range of textile materials (fibers, threads, webs (woven, non-woven, knitted, membrane) are determined) and the necessity of expanding the range of quality indicators of textile materials and products in the appropriate technical conditions for their production, taking into account new consumer requirements (requests) for product quality, is shown. The necessity of advancing the development of digital methods for measuring the properties of textile materials and products for conducting relevant scientific research, that is, creating a reserve for scientific instrumentation, is shown.

A general systematization of the known structural properties of textile materials and products has been carried out with the possibility of predicting the introduction of new properties within the framework of creating a matrix form of their representation and description, as well as the need to present a separate property in a complementary form to differentiate and normalize quantitative indicators of properties.

The analysis of the current state of digital methods for measuring individual indicators of the properties of textile fibers, threads and webs is carried out. Priority problems of standardization and metrological support of digital methods for measuring the properties of textile materials and products are highlighted separately.

Ключевые слова: текстильные материалы и изделия, свойства, показатели, методы измерения, цифровые технологии.

Keywords: textile materials and products, properties, indicators, measurement methods, digital technologies.

Введение

В рамках реализации Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. №474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», в том числе с целью решения задачи по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере, Правительством Российской Федерации сформирована национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная протоколом заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7. Наряду с другими программами в состав национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» входит и федеральный проект «Цифровые техноло-

гии», для которого был разработан и утвержден соответствующий паспорт [1].

Для объектов (сырье, технологии, готовая продукция) текстильной и легкой промышленности цифровизация систем управления производством, технологическими процессами, обеспечения качества продукции играет первостепенную роль. Это связано с тем, что за последние несколько десятилетий ассортимент текстильных материалов (волокон, нитей, полотен) существенно изменился в сторону улучшения потребительских характеристик. Появились или стали массовыми новые волокна как по составу (например, полилактидные), так и по структуре (полюе, бикомпонентные, профилированные, с микрокапсулами и т.д.). Также получили широкое распространение текстурированные и профилированные текстильные нити

[2]. Кроме того, изменилась структура полотна: например, разработаны переплетения, создающие эффект 3Д (объемность) [3]; стали более востребованными многослойные материалы (дуплексы, триплексы); для повышения водоупорности используются мембранные полотна [4]. Есть новинки и в отделке текстильных изделий: например, обработка ферментами, позволяющая существенно снизить жесткость льняных тканей; закрепление нанесенных отделочных препаратов ИК-ремиссией и др. [5].

Появление новых материалов приводит к необходимости исследования и новых характеристик, в том числе структурных, оказывающих непосредственное влияние на остальные показатели качества и формирующих их. В частности, новые мембранные полотна требуют более тщательного изучения их пористости и заполнения, от которых зависят итоговые водозащитные свойства. Поэтому целесообразно определить размер, форму и пространственное расположение пор в материале. Но для этого необходимы новые методы и средства исследования, в том числе и с применением цифровых технологий.

В декабре 2022 года в Сочи проходил II Конгресс молодых ученых, ключевым мероприятием которого стала встреча Президента России В.В. Путина с его участниками с обсуждением предложений по развитию науки и цифровых технологий и рассмотрением других тем. В частности, были затронуты и вопросы развития отечественного научного приборостроения [6].

«К сожалению, зависимость от иностранной приборной базы у нас очень большая, по некоторым направлениям до 90 %. И в сегодняшних условиях это особенно остро ощущается, хотя – я все время говорю

об этом, и, думаю, вы тоже со мной согласитесь, – ясно, что без приборной базы работать невозможно. Но ясно также и то, что нужно было в конце концов когда-то начать интенсивно развивать свою приборную базу... Поэтому эта сегодняшняя ситуация подталкивает нас к самостоятельной работе по очень многим направлениям, в том числе и по производству собственной научной приборной базы».

Одним из действенных путей развития отечественной научной приборной базы в исследовании свойств различных видов текстильных материалов и изделий, не требующих больших капитальных вложений, является создание и дальнейшее развитие цифровых методов исследования.

Методы и объекты исследования

Ввиду многообразия свойств текстильных материалов, входящих в различные группы (строения, механических, физических, биологических и других), необходима их систематизация, которая позволит осуществить прогнозирование и новых потребительских свойств. Например, для построения матрицы простых структурных свойств можно использовать признаки, определяющие состояние и характер взаимодействия элементов строения материалов, а именно: форму элементов, взаимное их расположение, взаимосвязь самих элементов, включение посторонних элементов, нарушение структуры элементов (табл. 1).

По каждому представленному в табл. 1 свойству имеется n -е число количественных показателей (физических величин), которые можно оценить путем операции измерения. При этом число показателей может быть достаточно большим. В табл. 2 в качестве примера приведены показатели свойства ворсистости пряжи.

Т а б л и ц а 1

Состояние и характер взаимодействия элементов строения	Вид текстильного материала			
	Волокно	Нить	Полотно	
			тканое, трикотажное	нетканое
Форма элементов	Извитость Изогнутость	Извитость Ворсистость	Ворсистость	
Взаимное расположение элементов		Скрученность	Переплетение Пористость Заполнение Опорная поверхность	Пористость Ориентация волокон

Взаимосвязь элементов	Смешанность	Связность	Смешанность
Включение посторонних элементов	Засоренность Загрязненность Запыленность		
Нарушение структуры элементов	Порок Дефект		

Т а б л и ц а 2

Наименование группы, подгруппы и отдельного показателя	Обозначение показателя и его взаимосвязь с другими показателями
1. Параметрические	
<i>1.1. События (абсолютные):</i>	
Количество кончиков	$n_{кв}$
Количество петель	$n_{п}$
Количество ворсинок	$n_{в} = n_{кв} + n_{п}$
Число точек пересечения ворсинок	$n_{ТП}$
Геометрическая длина ворса	$(L_{в})_{геом.}$
Радиус ворсистости пряжи	$r_{в}$
Ширина зоны плотного ворса	$b_{пв}$
Ширина зоны среднего ворса	$b_{св}$
Ширина зоны информативного ворса	$b_{ив}$
<i>1.2. События (относительные):</i>	
Доля кончиков	$(\varepsilon_{п})_{кв} = n_{кв} / n_{в}$
Доля петель	$(\varepsilon_{п})_{п} = n_{п} / n_{в}$
Относительная ширина зоны плотного ворса	$\Delta b_{пв} = b_{пв} / r_{пв}$
Относительная ширина зоны среднего ворса	$\Delta b_{св} = b_{св} / r_{пв}$
Относительная ширина зоны информативного ворса	$\Delta b_{ив} = b_{ив} / r_{пв}$
<i>1.3. События (удельные):</i>	
Радиальный показатель количества ворсинок (ствола)	$N_{ст} = n_{в} / d_{ст}$
Радиальный показатель количества ворсинок (пряжи)	$N_{пр} = n_{в} / d_{пр}$
<i>1.4. Протяженности (абсолютные):</i>	
Общая длина кончиков	$L_{кв} = \sum_{i=1}^{n_{кв}} (l_{кв})_i$
Общая длина петель	$L_{п} = \sum_{i=1}^{n_{п}} (l_{п})_i$
Общая длина ворсинок	$L_{в} = \sum_{i=1}^{n_{в}} (l_{в})_i$
Средняя длина кончиков	$\bar{l}_{кв} = \sum_{i=1}^{n_{кв}} (l_{кв})_i / n_{кв}$
Средняя длина ворсинок	$\bar{l}_{в} = \sum_{i=1}^{n_{в}} (l_{в})_i / n_{в}$
<i>1.5. Протяженности (относительные)</i>	
<i>1.6. Протяженности (удельные)</i>	
	$L_{отн} = \sum_{i=1}^f (l_{в})_i / \ L\ $
	$L_{уд} = L_{в} / m_{п}$

2. Функциональные	
2.1. <i>Развернутые:</i>	
Относительная плотность расположения ворсинок по диаметру пряжи	$\Phi_d = \phi(d_{пр})$
Относительная плотность расположения ворсинок по длине пряжи	$\Phi_l = \phi(l_{пр})$
2.2. <i>Свернутые (дифференциальные, интегральные):</i>	
Распределение количества ворсинок на фиксированной длине нити	$\left[\begin{array}{l} f = f(n_b); \\ F = F(n_b) \end{array} \right.$
Распределение длины ворсинок на фиксированной длине нити	$\left[\begin{array}{l} f = f(l_b); \\ F = F(l_b) \end{array} \right.$

Само свойство, т.е. качественную характеристику продукции, можно рассматривать как предмет исследования и выделять его составляющие (морфологические) признаки. В отдельных случаях однополярная трактовка свойства продукции в виде «скрученность», «прочность», «ворсистость» сужает границы его представления. Поэтому целесообразно отдельные свойства рассматривать в виде конструкции из двух противоположных характеристик. Отмечаем, что противоположные характеристики одновременно и определяют предел проявления какого-нибудь качества, свойства, действия, и указывают на неразрывную связь противоположностей. Обычно различают два вида противоположности: комплементарную (от латинского слова «*complementum*» – дополнение) и контрарную («*contraries*» – противо-

ложный). При этом комплементарная противоположность выражает свойства в виде двухполярной конструкции, а контрарная – в трехполярной конструкции. При представлении свойства в виде комплементарной (двухполярной) характеристики свойства обозначаются видовыми понятиями «X» и «Y», дополняющими друг друга до родового так, что нередко между ними невозможно никакое третье, среднее понятие (например, «мягкость – жесткость», «ворсистость – гладкость»). Родовое понятие здесь исчерпывается двумя видовыми определениями, поэтому отражение одного из них дает содержание другого («немягкий» – значит «жесткий», и наоборот). В табл. 3 приведены комплементарные характеристики отдельных свойств текстильных материалов.

Таблица 3

Объект исследования	Комплементарные характеристики	
	«X»	«Y»
Волокно	Зрелость	Недозрелость
Крученая пряжа	Скрученность	Раскрученность
Волокно, комплексная нить	Извитость	Распрямлённость
Волокно, пряжа	Чистота	Засорённость
Волокно, нить, ткань	Мягкость	Жесткость
Пряжа, ткань	Гладкость	Ворсистость
Волокно, нить, ткань	Прочность	Слабость
Волокно, нить, ткань	Растяжимость	Нерастяжимость
Ткань	Сминаемость	Несминаемость
Ткань	Пористость	Заполнение

Таким образом, при проведении объективных исследований искомого свойства возникает необходимость подробного рас-

смотрения и его противоположного состояния. В табл. 4 приведены показатели гладкости пряжи.

Наименование показателя	Обозначение показателя	Описание показателя
1. Параметрические		
Количество неровностей	n_n	Количество неровностей на определенной длине нити
Высота неровности	h	Расстояние от границы ствола нити до наивысшей точки неровности
Максимальная высота неровности	h_{max}	Наибольшее расстояние от границы ствола нити до наивысшей точки неровности на определенной ее длине
Шаг между неровностями	s	Отрезок, ограничивающий две соседние неровности
Средний шаг между неровностями	\bar{s}	Среднее арифметическое значение шага неровностей на определенной длине нити
Ширина неровности	b	Отрезок, характеризующий наиболее широкую часть неровности
2. Функциональные		
Изменение высоты неровностей относительно диаметра участка текстильной нити	$y_d = \phi(d_{пр})$	Графическое отображение наличия отклонения высоты неровностей относительно диаметра участка нити
Отклонение гладкости поверхности относительно измеряемого участка текстильной нити	$y_l = \phi(l_{пр})$	Графическое отображение наличия отклонения высоты неровностей относительно измеряемого участка нити

Применение двухполярных координат также необходимо для определения границы (демаркационной линии) между свойствами и установления соответствующих нормативных значений данной границы. Что касается свойств «ворсистость-гладкость», то только одно из этих двух свойств будет преобладающим в каждом конкретном случае для различных ассортиментных групп текстильных изделий.

Результаты исследования

Анализ публикаций по цифровым методам измерений показывает, что цифровая обработка может применяться на всех этапах процесса измерения искомого показателя свойства, а именно: при получении и обработке изображения текстильного изделия [7], [11], при выделении количественных информативных признаков показателей свойств [12], [20], при построении гистограмм и функциональных зависимостей [21], [25], при формировании итогового протокола результатов измерения [26], [28]. Кроме этого цифровыми методами решаются сопутствующие задачи, связанные с прогнозированием [29], [31] и моделированием [32], [33] значений показателей свойств в конкретном текстильном изделии,

созданием цифровых двойников текстильных материалов и изделий, базы (библиотеки) для 3D-моделирования [34], [35], использованием искусственного интеллекта при проектировании нормативных (базовых) значений показателей свойств [36], [37], а также другие проблемы [38], [39].

Инновационность цифровых методов измерения показателей свойств текстильных материалов и изделий определяется технической возможностью их совместной защиты в форме патентного и авторского права. Патентное право связано с оформлением соответствующих материалов на получение патента на изобретение, характеризующего операции конкретного способа измерения, что определяется более предпочтительной категорией относительно соответствующего измерительного устройства. Авторское право связано с дополнительной возможностью создать алгоритм и листинг соответствующей программы для ЭВМ, а также сформировать соответствующую базу данных.

В табл. 5 показаны отдельные патенты ИВГПУ на цифровые методы измерений показателей отдельных свойств волокон, нитей и полотен за последние 15 лет, а в

табл. 6 приведены программы для ЭВМ и базы данных ИВГПУ на решения по авторскому праву цифровых методов изме-

рений показателей свойств текстильных материалов и изделий.

Т а б л и ц а 5

Свойство	Направленность и показатель	Наличие патента
Волокна		
Зрелость	Определение зрелости хлопковых волокон	Патент на изобретение №2348035 РФ, МПК G01N33/36. 2009. Бюл. №6
Протяжённость	Определение длины отдельных текстильных волокон	Патент на изобретение №2343404 РФ, МПК G01B 11/02. 2009. Бюл. №1
	Определение характеристик длины группы текстильных волокон	Патент на изобретение №2234676 РФ, МПК G01B 11/02. 2004. Бюл. №23
Количество	Подсчёт отдельных волокон в пробе	Патент на полезную модель №72548 РФ, МПК G01N 21/01. 2008. Бюл. № 11
Нити		
Толщина Засорённость	Определение показателей толщины, засоренности и ворсистости текстильных нитей	Патент на изобретение №2575777 РФ, МКП G01N 33/36. 2016. Бюл. №5
Ворсистость	Определение показателей ворсистости текстильной нити	Патент на изобретение №2384658 РФ, МПК D01H 13/32 G01N 33/36. 2010. Бюл. №8
Полотна		
Плотность	Определение перерасхода нитей утка при изготовлении тканых сеток	Патент на изобретение №2633956 РФ, МПК D03D 13/00. 2017. Бюл. №29
Плотность прошивки	Определение плотности прошивки нетканых полотен	Патент на изобретение №24285527 РФ, МПК G01N 21/27. 2011. Бюл. №17
Пористость Заполнение	Определение показателей заполнения и пористости тканых полотен	1. Патент на изобретение №2225980 РФ, МПК G01N 33/36. 2004. Бюл. №8 2. Патент на изобретение №2366946 РФ, МПК G01N33/36. 2009. Бюл. №25
Ворсистость	Определение показателей ворсистости тканых полотен	Патент на изобретение №2256177 РФ, МПК G01N 33/36. 2005. Бюл. №19
Дефект	Идентификация инородных объектов на поверхности волокнистых материалов	Патент на изобретение №2411501 РФ, МПК G01N 21/27. 2011. Бюл. №4
Цвет	Определение изменения окраски текстильных полотен при оценке ее устойчивости к физико-механическим воздействиям	Патент на изобретение №2439560 РФ, МПК G01N33/36. 2012. Бюл. №1

Нахождение в библиотеке Федерального института патентных исследований (ФИПС) указанных в табл. 5 и 6 патентов и листингов программ позволяет сторонним пользователям проводить собственные исследования. В частности, были проведены сравнительные исследования показателей пористости хлопчатобумажных тканей полотняного переплетения, полученных с помощью ряда расчетных методов и компьютерной программы по определению показателей пористости и заполнения тканых полотен [41], [42]. В результате сделаны выводы о степени их воспроизводимости [43].

Приведем ряд конкретных примеров по разработке цифровых методов измерений отдельных показателей структурных свойств волокон, пряжи, тканых и трико-

тажных полотен по техническим решениям, показанным в табл. 5 и 6.

Для оптимальной сортировки состава волокон при производстве хлопчатобумажной пряжи определяющую роль играет экспресс-анализ зрелости волокон. В качестве операционной среды, в которой работает измерительная программа [44], была выбрана MS Windows XP SP2, а для разработки форм диалоговых окон использовано приложение Graphical User Interfaces системы матричных вычислений Matlab. Удобство этого приложения заключается в возможности проектирования взаимосвязанных форм и окон как в ручном режиме, так и в виде внутренних ссылок команд измерительной программы (callback), инициирующих работу вспомогательных подпрограмм.

Свойство	Направленность и показатель	Наличие программы для ЭВМ
Волокна		
Происхождение	Распознавание происхождения волокон с использованием цветовых измерений	Свидетельство №2002611528 о регистрации 30.08.2002 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
Зрелость	Измерение зрелости хлопковых волокон	Свидетельство №9239 о регистрации 02.10.2007 программы для ЭВМ в отраслевом фонде Федерального агентства по образованию
Протяжённость	Анализ протяженности элементарных текстильных волокон	Свидетельство №2003610935 о регистрации 17.04.2003 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
Засорённость, цвет	Определение показателей засоренности и цвета текстильных волокон по компьютерному изображению	Свидетельство №2008612378 о регистрации 16.05.2008 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
Нити		
Скрученность	Определение параметров скрученности крученой пряжи	Свидетельство №2002611377 о регистрации 14.08.2002 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
	Определение параметров скрученности армированной пряжи	Свидетельство №2003610763 о регистрации 27.03.2003 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
Ворсистость	Измерение показателей ворсистости текстильной пряжи	Свидетельство №7314 о регистрации 29.11.2006 программы для ЭВМ в отраслевом фонде Федерального агентства по образованию
Полотна		
Плотность	Определение показателей строения махровых текстильных изделий	Свидетельство №2011613234 о регистрации 25.04.2011 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
Геометрия	Анализ геометрических и структурных свойств ткани полотняного переплетения	Свидетельство №2003610868 о регистрации 10.04.2003 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
Структура	Измерение структурных характеристик геотекстильных материалов	Свидетельство №21693 о регистрации 10.03.2016 программы для ЭВМ в объединенном фонде «Наука и образование»
	Бинаризация цифровых изображений проб геотекстильных материалов	Свидетельство №21692 о регистрации 10.03.2016 программы для ЭВМ в объединённом фонде «Наука и образование»
Пористость Заполнение	Определение показателей заполнения и пористости тканых полотен	Свидетельство №2002610835 о регистрации 29.05.2002 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
Ворсистость	Измерение высоты ворса ткани	Свидетельство №3065 о регистрации 15.12.2003 программы для ЭВМ в отраслевом фонде Федерального агентства по образованию
Дефект	Составление базы данных для установления степени значимости дефектов внешнего вида текстильных полотен	Свидетельство №2011620015 о регистрации 11.01.2011 базы данных в государственном реестре программ
Протяжённость трикотажной петли	Определение геометрических характеристик петлеобразования трикотажных полотен	Свидетельство №2011617016 о регистрации 08.09.11 программы для ЭВМ в государственном реестре программ
Качество	Автоматизированное проектирование качества трикотажных полотен и изделий	Свидетельство №16315 о регистрации 22.10.2011 программы для ЭВМ в отраслевом фонде «Наука и образование»
Параметры процесса	Формирование базы данных по контролируемым параметрам процессов производства тканых геотекстильных материалов	Свидетельство №21724 о регистрации 22.03.2016 программы для ЭВМ в отраслевом фонде «Наука и образование»

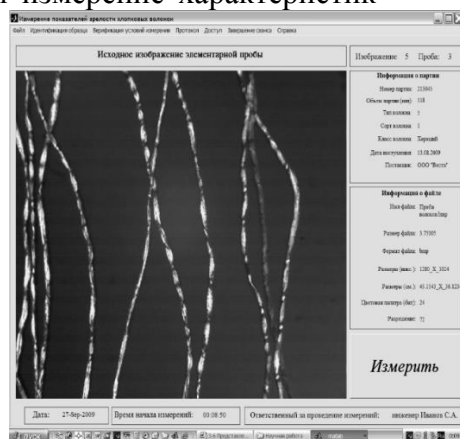
Среди показателей зрелости наиболее значимыми для производственной испытательной лаборатории являются:

- средний коэффициент зрелости K_z (является единственной оценкой зрелости, используемой на отечественных текстильных предприятиях);

- коэффициент зрелости «maturityratio» M (для оценки качества хлопкового волокна, импортируемого из стран дальнего зарубежья, и сопоставления отечественных и зарубежных требований к качеству);

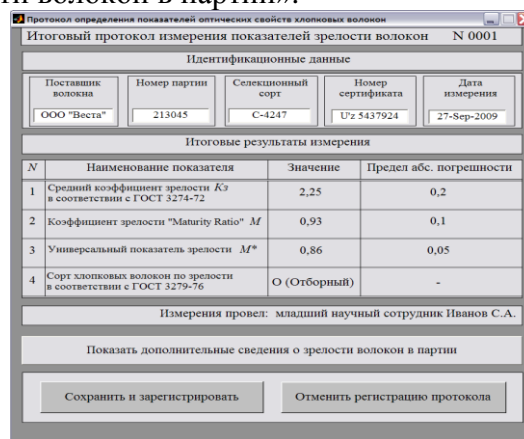
- универсальный коэффициент зрелости Z (как более стабильный и точный аналог «maturityratio», повсеместное применение которого возможно в перспективе).

Анализ изображения текущей элементарной пробы и измерение характеристик



а)

зрелости хлопковых волокон выполняются программой автоматически после нажатия кнопки «Измерить» на главном интерфейсном окне (см. рис. 1, а). При выполнении команды «Измерить» на экране появляется протокол, вид которого представлен на рис. 1, б. Этот протокол содержит две колонки данных, в одной из которых расположены измеренные значения показателей зрелости, применяемых в различных системах оценки качества хлопковых волокон, а в другой приведены предельные значения итоговой погрешности соответствующих показателей зрелости. Дополнительный протокол может быть активирован пользователем нажатием кнопки «Показать дополнительные сведения о зрелости волокон в партии».



б)

Рис. 1

Таким образом, измерение показателей зрелости предложенным цифровым методом можно отнести к прямым измерениям, то есть к измерениям, при которых искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений. Преимуществом прямых измерений является большая объективность и воспроизводимость результатов по сравнению с косвенными измерениями и органолептическими оценками.

Для обнаружения границ участков пряжи с ворсовой поверхностью при цифровой обработке изображения использовали методы контрастирования перепадов яркости с последующим пороговым детектированием [45]. Основной проблемой, которую необходимо решить при выделении интересующей исследователя области, является

определение величины порога яркости, задающего бинарное преобразование. Для этого необходимо знать плотность вероятности, описывающую распределение яркости точек этого изображения. Оценку распределения вероятностей яркости изображения можно получить с помощью гистограммы [46]. Большая часть изображения была окрашена в черный цвет, и этот факт проявился в виде всплеска для значений яркости, близких к нулю. В правой части гистограммы (значения яркости от 200 до 230 условных единиц) отмечено увеличение количества ярких точек, формирующее изображение ствола пряжи. Для выделения части изображения, содержащей ствол пряжи, воспользовались преобразованием, реализованным в программном пакете Image Processing Toolbox MATLAB

в виде функции $im2bw$, задав соответствующий порог яркости бинарного преобразования. В данном случае этот порог равен 170 условным единицам. Чтобы выделить изображение ворса, провели повторную бинаризацию изображения по порогу яркости, равному значению 25 условных единиц (величине, при которой происходит спад значений яркости по гистограмме), и осуществили логическую операцию исключающего «ИЛИ» выделенного изображения с бинарным изображением ствола пряжи. Полученные изображения инвертировали перед выводом на экран [47]. Результаты препарирования изображения отрезка пряжи показаны на рис. 2, где приведено изображение ствола пряжи (рис. 2, а) и соответственно ворса пряжи (рис. 2, б).

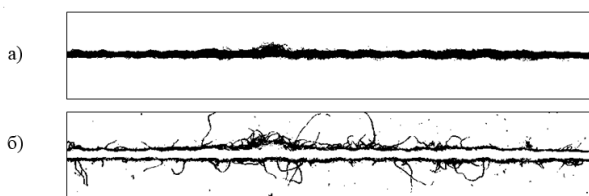
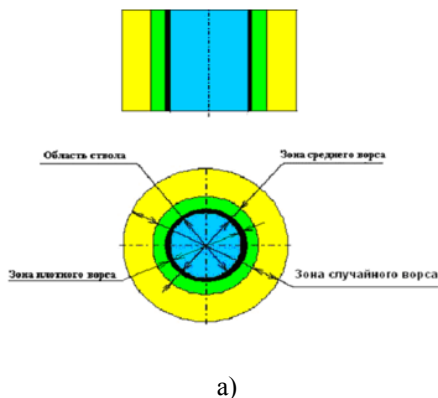
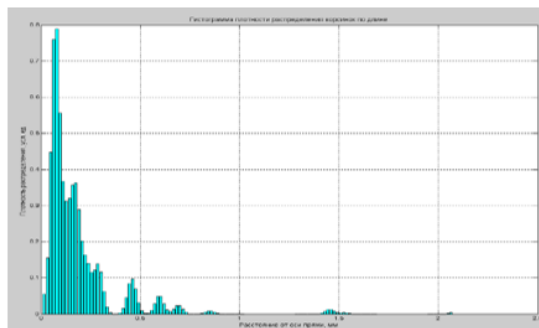


Рис. 2



а)



б)

Рис. 3

Процесс измерения характеристик ворсистости пряжи в ходе реализации компьютерной программы (см. табл. 6) в итоговом виде включает операцию заполнения протокола испытания, а сам протокол представляет собой лист (рис. 4), содержащий следующие блоки: идентификационные данные, информация о графическом объекте, окна для вставки изображения

После выполнения описанных выше преобразований становится возможным определение конкретных показателей ворсистости пряжи, приведенных в табл. 2.

Отмечаем, что для обеспечения достоверности измерения показателей ворсистости пряжи предварительно были установлены зоны ворса, характеризующие ворсистую пряжу, а именно: зона плотного ворса, зона среднего (информативного) ворса, зона случайного ворса. Схематично структурная модель ворсистой пряжи имеет вид, показанный на рис. 3, а. Принципы выделения зоны плотного ворса учитывали на основе построения дифференциальной функции колебаний яркости изображения ворсистой нити и расчета зоны среднего ворса с использованием интегральной функции ворсистости. Для определения ширины зоны случайного ворса строили гистограмму плотности расположения ворсинок по длине пряжи (рис. 3, б), где с помощью соответствующей функции рассчитывали расстояние от зоны среднего ворса, на котором с вероятностью 0,99 появится хоть одна ворсинка.

пряжи и соответствующих графиков и рисунков, таблицы с результатами расчетов и панель управления.

Размеры пробы для определения показателей структурных свойств тканого полотна [40] ограничиваются размерами используемого сканера. Следует отметить, что немаловажную роль играет и расположение пробы в поле сканера, а именно: ли-

бо основные, либо уточные нити должны располагаться вдоль направления движения сканирующего элемента.

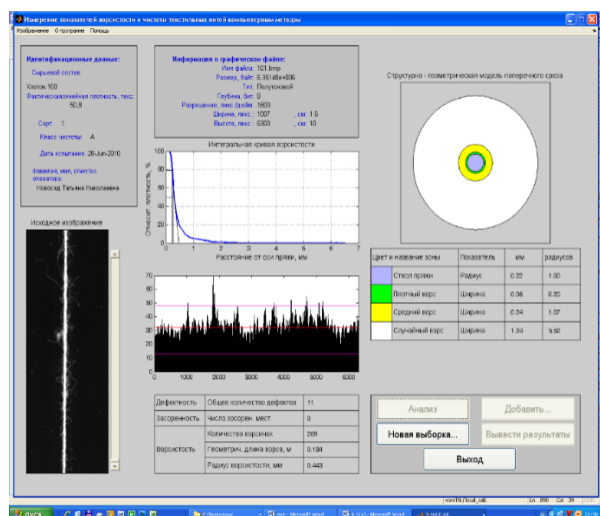


Рис. 4

Для анализа изображения пробы ткани, отсканированной на принтере, достаточно информации, полученной в палитре серого цвета. При этом уровни яркости в изображении распределены между темными и светлыми участками в виде двумерного массива данных, где каждый элемент изображения имеет числовое значение яркости от 0 (соответствует черному цвету) до 255 (соответствует белому цвету). Все остальные промежуточные значения в зависимости от близости к минимальному или максимальному значению включают оттенки серого цвета. Общую схему последовательности всех измерительных операций для цифрового метода измерения можно представить следующим образом: формирование пробы; получение изображения; формирование алгоритма обработки (выявление особенностей объекта исследования по полученному изображению, обработка изображения пробы, определение показателей исследуемого свойства, обработка результатов измерений); формирование протоколов испытаний.

Обработка изображения и определение структурных показателей изображения тканого полотна состоит в следующем [40], [41]. Первоначально с помощью специальной программы (см. табл. 6) осу-

ществляют просмотр всех строк и столбцов изображения (рис. 5, а).

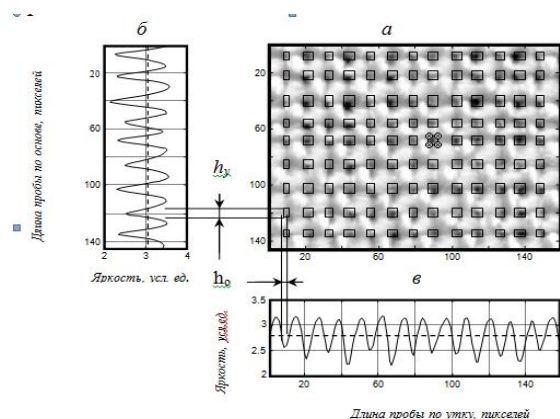


Рис. 5

Исходное изображение представляет собой матрицу точек, каждая из которых обладает определенной яркостью от 0 до 255. Формат матрицы $A = [a_{ij}]$ размером $n \times m$ (где i – номер строки, j – номер столбца, n – количество строк, m – количество столбцов). Строки матрицы соответствуют направлению нитей утка, а столбцы – направлению нитей основы в ткани. Обработку матрицы осуществляют в следующем порядке. Сначала формируют функции яркости по основе (рис. 5, б) и по утку (рис. 5, в) путем суммирования значений яркости точек исходного изображения по строкам и по столбцам. Анализ значений амплитуд колебаний яркости показывает, что максимумы функции соответствуют нитям (основы или утка) или их переплетению, а минимумы отражают отсутствие нитей, т.е. сквозные поры (их геометрический центр). Поэтому можно предположить, что период функции равен суммарному значению линейных размеров нитей и пор. Далее, найдя величину периода и его составляющих, определяют размеры пор и нитей в ткани. Для этого устанавливают местоположение средней линии на профилях яркости, вычисляя средние значения функций.

После этого осуществляют определение месторасположения пор на изображении пробы путем нанесения сетки из прямоугольников, соответствующих порам на ткани (рис. 5, а). Высоту h_0 и ширину h_1 прямоугольников определяют по значениям

усредненных функций яркости, лежащих ниже средних значений. Далее рассчитывают сумму площадей нанесенных прямоугольников, что соответствует площади сквозных пор $S_{пор}$, и площадь всей пробы $S_{пр}$. На рис. 6 показан итоговый протокол результатов измерения показателей заполнения и пористости на основе модернизированной компьютерной программы, которая позволяет вместо эквивалентных прямоугольников устанавливать фактические размеры пор [41].

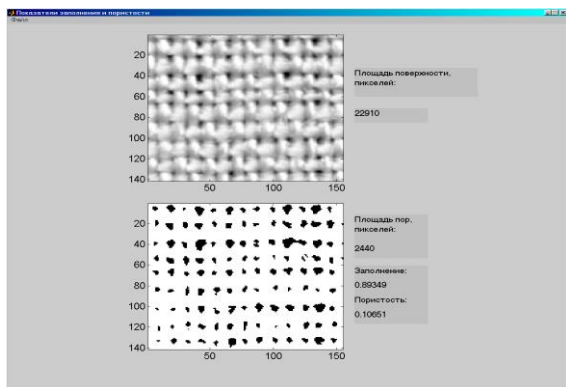


Рис. 6

Измерение геометрических характеристик петлеобразования трикотажного полотна в различных научных исследованиях является постоянно востребованным [48], [49]. В данном случае пробу трикотажного полотна размером 10×10 см укладывают на рабочую поверхность планшетного сканера, затем сканируют для получения графической информации. Саму пробу размещают таким образом, чтобы процесс сканирования проходил вдоль петельных столбиков (плотность по вертикали) трикотажного полотна. Разрешающая способность сканера устанавливалась не менее 600 пикселей на дюйм. Режим выбора отраженного или проходящего света зависел от цвета исследуемого полотна (для светлых полотен – отраженный, для темных – проходящий).

Полученное графическое изображение пробы выводят на экран монитора, где выделяют участок (локальный элемент) в виде прямоугольника (рис. 7). Выбор размера локального элемента зависит от производительности компьютера, оптимальным размером является прямоугольная область,

занимающая четверть полученного изображения. Затем локальный элемент смещают в двух направлениях – по горизонтали и вертикали.

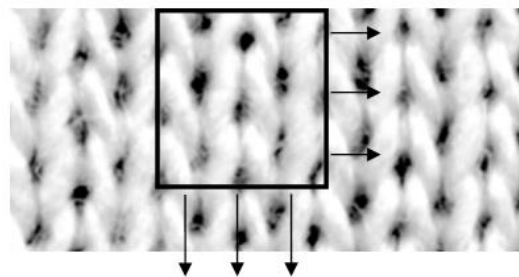


Рис. 7

Первоначально выделенное изображение смещают по горизонтали (например, слева направо), выделяя при этом с помощью автокорреляционной функции вертикальные светлые и темные полосы, характеризующие периодически повторяющиеся нити и поры трикотажного полотна. Затем локальный элемент смещают по вертикали вниз, выделяя при этом аналогично горизонтальные светлые и темные полосы. Эта операция осуществляется для того, чтобы оценить периодичность изображения петлеобразования по горизонтали и по вертикали. Далее по виду автокорреляционной функции находят локальные максимумы, которые характеризуют периодичность изображения.

В дальнейшем с учетом полученных данных моделируют трикотажную петлю с помощью сплайна (s-образной кривой). На следующем этапе вычисляют размеры сетки, которая представляет собой прямоугольную матрицу, для чего закладывают полученные данные (ширину w , высоту h трикотажной петли и количество периодов по горизонтали k_g и вертикали k_v) и таким образом получают определенные размеры сетки (рис. 8).

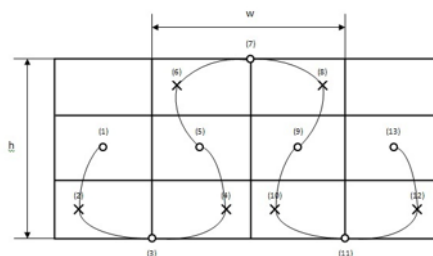


Рис. 8

Далее проводят интерполирование кривой трикотажной петли кубическим параметрическим сплайном (кубическим сплайном на отрезке $[a, b]$ называется дважды непрерывно дифференцируемая функция $y = f(x)$, на каждом из отрезков $\Delta_j = [x_{j-1}, x_j]$ совпадающая с кубическим полиномом и удовлетворяющая условиям интерполяции $f(x_j) = y_j; j = 1, \dots, N$). В итоге получают для дальнейшего анализа сетку трикотажной петли с 13-ю узлами (рис. 8). Далее выводят конечное изображение смоделированной трикотажной петли пробы (рис. 9), по которому на основе известных зависимостей рассчитывают геометрические характеристики петлеобразования трикотажного полотна. Рабочее окно итогового протокола приведено на рис. 10.

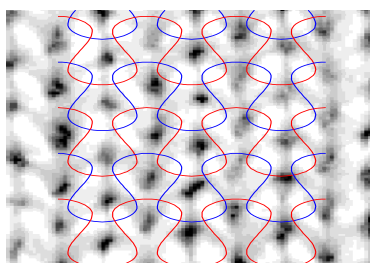


Рис. 9

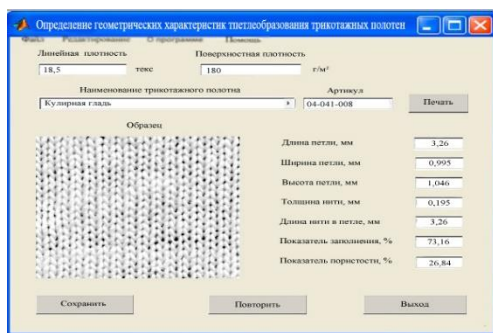


Рис. 10

Определенное поле деятельности в направлении создания обновленных цифровых методов измерения показателей свойств текстильных материалов с новыми улучшенными метрологическими характеристиками имеется и на основе анализа базы данных ранее зарегистрированных технических решений как изобретения на способ измерения показателей соответствующего свойства. В качестве примера

рассмотрим способ измерения ворсистости пряжи по авторскому свидетельству СССР № 1302188 (заявитель ИвТИ им. М.В. Фрунзе, опубликовано 1987, Бюл. №13).

Основные операции данного способа следующие: располагают измеряемый участок пряжи в проекционной связи параллельно линии пересечения двух плоскостей проекций, формируют вокруг ствола пряжи цилиндрическую поверхность вращения, ось вращения которой совпадает с осевой линией пряжи, определяют количество точек пересечений ворсинками поверхности вращения и относительно плоскостей проекций определяют количество участков скрещивающихся и пересекающихся ворсинок. Кроме этого количество участков скрещивающихся и пересекающихся ворсинок определяют с внешней стороны цилиндрической поверхности вращения. Характеристика ворсистости пряжи, отражающую количество ворсинок, находят подсчетом числа точек пересечения ворсинок с цилиндрической поверхностью вращения, а характеристику ворсистости пряжи, отражающую длину ворсинок, вычисляют подсчетом числа точек пересечения ворсинок на плоскости. Технический результат получался за счет повышения точности при определении количества ворсинок (прямой метод измерения) и повышения быстродействия при расчете суммарной длины волокон (косвенный метод измерения).

При осуществлении цифровизации данного способа измерения характеристик ворсистости пряжи первоначально выделяли части изображения, содержащего ствол пряжи, где воспользовались преобразованием, реализованным в программном пакете Image Processing Toolbox MATLAB в виде функции *im2bw*, задав соответствующий порог яркости бинарного преобразования [45], а затем последовательно измеряли длину отдельно пронумерованных волокон с использованием соответствующей программы (табл. 6). Итоговое информационное окно по определению характеристик ворсистости пряжи с учетом оцифровки известного способа определения ворсистости пряжи по авторскому

свидетельству СССР №1302188 приведено на рис. 11.

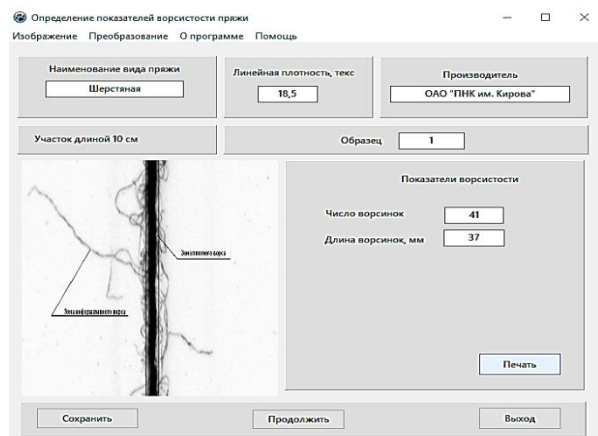


Рис. 11

Для широкого внедрения цифровых методов оценки показателей качества текстильных материалов и изделий не только для научных исследований, но и в отделах технического контроля текстильных предприятий и испытательных центрах необходимо решить ряд задач по их отраслевой (производственной) стандартизации. Основные из них следующие:

- расширение номенклатуры показателей качества по отдельным видам текстильных материалов относительно стандартов СПКП групп однородной продукции;

- формулирование общего принципа (возможно на основе создания основополагающего стандарта) описания операций цифрового метода измерения (формирование алгоритма измерений, установка корректности применения периферийных средств: сканеров, фотоаппаратов, принтеров и т.д., формирование протокола испытаний);

- осуществление обязательной защиты патентного права на изобретение и авторского права на программу для ЭВМ;

- указание соответствующего языка программирования и представление логотипа программы в приложении к национальному стандарту или указание ссылки на сайт, с которого можно скачать данную программу;

- определение необходимости аттестации методики измерения на используемый

метод цифрового измерения и процедурные мероприятия в соответствующем аккредитованном аттестационном органе, если будут применены косвенные методы измерений контролируемого показателя качества как физической величины.

Рассмотрим на примере формирования стандарта организации (ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандарты организаций. Общие положения») возможную методику его построения с учетом применения компьютерного метода измерения соответствующего показателя качества текстильного материала. Разделы «Нормативные ссылки», «Термины и определения» оформляются с учетом требований ГОСТ Р 1.5-2004 «Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

Описание операций компьютерного метода измерения целесообразно начинать с построения блок-схемы алгоритма измерения в соответствии с ГОСТ 19.701 – 90 «Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения», выбора необходимых периферийных средств измерений, указания способа формирования и обработки изображения пробы и приведения ссылки на доступ к использованию компьютерной программы. Поэтому отдельной проблемой является получение соответствующей ссылки на использование компьютерной программы, которая должна храниться на сайте разработчика или в облаке соответствующего поисковика с учетом дальнейшего воспроизведения конкретным пользователем. Далее следует представить операции калибровки (поверки) точности, достоверности и сходимости компьютерного метода измерений. В приложении привести наиболее рациональные формы протоколов испытаний.

ВЫВОДЫ

Показана необходимость опережающего развития цифровых методов измерения показателей свойств текстильных материалов и изделий для проведения соответствующих научных исследований, то есть

создания соответствующего задела по научному приборостроению. Проведена общая систематизация известных структурных свойств текстильных материалов и изделий с возможностью прогнозирования введения новых свойств в рамках создания матричной формы их представления и описания, а также необходимостью представления отдельного свойства в комбинированной форме для разграничения и нормирования количественных показателей свойств. Осуществлен анализ современного состояния создания и использования цифровых методов измерения определяющих показателей структурных свойств текстильных волокон, нитей и полотен. Отдельно выделены первоочередные проблемы стандартизации и метрологического обеспечения цифровых методов измерения показателей свойств текстильных материалов и изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная программа «Цифровая экономика» [Электронный ресурс]. <https://www.tadviser.ru/index.php/> (Дата обращения: 10.04.2023).

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

3. Мирошниченко Д.А., Толубеева Г.И. Систематизация способов построения переплетений однослойных тканей с визуальными объемными эффектами // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2017. № 2(Т. 36). С. 12...15.

4. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Зайцева О.В. и др. Современные ткани с мембранным покрытием // Дизайн. Материалы. Технология. 2014. № 5. С. 25...29.

5. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокишаров С.А. Технологические подходы к биомодификации структуры льняного волокна для получения сорбционных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1. С. 319...324.

6. Стенограмма выступления Президента Российской Федерации [Электронный ресурс]. <http://www.kremlin.ru/events/president/news/69967/> (Дата обращения: 12.04.2023).

7. Павлов С.В., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. Распознавание происхождения волокон с использованием цветовых измерений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2001. №6. С.12...14.

8. Комаров А.Б., Коробов Н.А. Нахождение нитей основы и утка на изображении поверхности ткани с помощью преобразования Радона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2003. №4. С. 96...98.

9. Волгин А.Б. Распознавание цифрового изображения самокрученной нити с целью определения крутки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. №5. С. 159...162.

10. Силаков А.В., Варламова С.А., Котков П.В. Программное распознавание дефектов изображений регулярных текстур в текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №2. С. 266...272.

11. Ли У., Лоу Х., Цзян Г., Конг Х. Алгоритм обнаружения дефектов тканей с использованием оптимального фильтра Габора, основанный на RDPSO // Журнал Текстильного института. 2019. Т. 110. № 4. С. 487...495.

12. Зубко Д.П., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. Компьютерное исследование поверхностей крученой пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2002. №1. С. 10...13.

13. Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н. Оптимизация значений параметров процесса измерения показателей засоренности хлопковых волокон по их цифровому изображению // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. №6. С. 21...24.

14. Гойс Т.О., Баженов С.М., Матрохин А.Ю. Разработка алгоритма распознавания степени повреждаемости геотекстильных полотен на основе анализа цифровых изображений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. №5. С. 55...59.

15. Шляхтенко П.Г., Сухарев П.А. Контроль параметров крученой нитки по компьютерному изображению ее поверхности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. №4. С. 18...21.

16. Трещалин Ю.М., Киселев М.В., Хамматова В.В., Трещалин М.Ю., Киселев А.М. Исследование структуры нетканых материалов методом компьютерной томографии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. №5. С. 31...35.

17. Карева Т.Ю., Мирошниченко Д.А., Толубеева Г.И., Болсуновская М.В., Бойков А.В., Лодышкин А.В. Поиск путей совершенствования цифрового представления текстильных материалов с целью обнаружения дефектов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №2. С. 104...108.

18. Ивановский В.А. Распознавание нити в структуре трехмерной ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. №5. С. 12...15.

19. Копарева Е.М., Зимица М.В., Тутов С.Н., Чагина Л.Л. Использование принципов автоматизированного распознавания оптических изображений для оценки стабильности структуры трикотажных полотен // Технологии и качество. 2021. №1. С. 4...8.

20. Чжан Ж., Уанг Ж., Пан Р., Чжоу Ж., Гао У. Система на основе компьютерного видения для автоматического обнаружения неправильно выполненных нитей основы в ткани, окрашенной в нить. Часть I: непрерывное сегментирование нитей основы // Журнал Textile Institute. 2018. Т. 109. № 5. С. 577...584.
21. Шеронова И.А., Старкова Г.П., Железняков А.С. Компьютеризация экспресс-метода оценки показателей раздвигаемости нитей в тканых полотнах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. №3. С. 55...58.
22. Алексеев И.В., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н. Разработка метода компьютерного измерения показателей белизны текстильных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2006. №1. С. 127...129.
23. Рыклин Д.Б., Тан С. Оценка анизотропии драпируемости тканей на основе анализа результатов 3D-сканирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. №2. С. 325...329.
24. Liang Z., Xu B., Chi Z., Feng D. Интеллектуальная характеристика и оценка внешнего вида поверхности пряжи с использованием анализа карты салентности, вейвлет-преобразования и нечеткой нейронной сети ARTMAP // Expert Systems with Applications. 2012. Т. 39. № 4. С. 4201...4212.
25. Hanbay K., Talu M. F., Ozg'üven O.F., Ozt'urk D. Реальное время обнаружения дефектов в трикотаже с использованием преобразования Ширлет // Текстиль и конфекцион. 2019. Т. 29. № 1. С. 1...10.
26. Матрохин А.Ю., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. Компьютерное измерение показателей протяженности волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2000. №3. С. 6...8.
27. Вонг В., Цзян Цзян. Техника компьютерного зрения для обнаружения дефектов тканей // Приложения компьютерного зрения в моделировании, распознавании и поиске моделей в моде и текстильных материалах. Элсеvier, Амстердам, Нидерланды. 2018.
28. Коробов Н.А., Грузинцева Н. А., Лысова М.А., Гусев Б.Н. Построение методики цифрового исследования неравномерности по поверхностной плотности нетканых материалов // Технологии и качество. 2021. №2. С.5...10.
29. Макаров А.Г., Демидов А.В. Цифровое прогнозирование упругих, вязкоупругих и пластических компонент деформации текстильных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. №1. С. 130...135.
30. Климова Н.С., Переборова Н.В., Литвинов А.М., Козлов А.А. Компьютерное прогнозирование деформационных процессов полимерных текстильных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. 2021. №2. С. 120...130.
31. Переборова Н.В., Киселев С.В., Вагнер В.И., Козлов А.А., Каланчук О.Э. Компьютерное прогнозирование и системный анализ деформационных процессов текстильных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2020. №3. С. 5...15.
32. Акиндинова Т.Л., Смирнова Н.А., Бойко С.В., Лапшин В.В., Замышляева В.В. Исследование и моделирование релакционных процессов при изгибе бортовых тканей // Дизайн. Материалы. Технология. 2021. №1. С. 124...127.
33. Васильева Е.К. Компьютерное моделирование деформационных и релакционных свойств полиамидных тканей для куполов парашютов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2016. №1. С. 17...28.
34. Долгова Е.Ю., Чижик М.А., Найманханова Ж.М., Иванцова Т.М. Формирование обучающей выборки для создания цифровых двойников текстильных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2021. №3. С. 39...42.
35. Li C., Yang R., Liu Z., Gao G., Liu Q. Обнаружение дефектов ткани путем изучения визуальной выразительности на основе словаря // International Journal of Clothing Science and Technology. 2016, Т. 28, № 4. С.530...542.
36. Киселев А.М., Киселев М.В. Проектирование и прогнозирование физико-механических свойств композиционных материалов на основе 3D-текстильных преформ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. №1. С. 325...329.
37. Климова Н.С. Цифровизация прогнозирования процессов ползучести швейных материалов / Н.С. Климова, В.И. Вагнер, Д.А. Овсянников, А.М. Литвинов // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. №2. С. 88-92.
38. Севостьянов П.А., Фирсов А.В. Информационные и компьютерные технологии в текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. №4. С. 107...109.
39. Гусев Б.Н. Совершенствование методологии выявления показателей качества текстильных материалов и изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. №6. С. 119...122.
40. Лысова М.А., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. Исследование метода компьютерного определения плотности прошивки многослойных текстильных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. №8. С. 99...102.
41. Сташева М.А., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. Разработка экспресс-метода компьютерного измерения показателей заполнения и пористости ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2002. №3. С. 17...19.
42. Сташева М.А., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. Совершенствование метода компьютерного измерения показателей заполнения и пористости ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2003. №3. С. 26...29.
43. Кузьмичева Е.Н., Юхин С.С. Исследование показателей пористости тканых полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. №2. С. 119...120.

44. Матрохин А.Ю., Шаломин О.А., Круглов А.В., Гусев Б.Н. Выявление информативных признаков для определения зрелости хлопкового волокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. №4. С. 7...10.

45. Коробова Т.Н., Гусев Б.Н. Моделирование ворсовой поверхности пряжи с учетом ее нормируемых характеристик // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. №4. С. 15...18.

46. Коробова Т.Н., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н., Леониди Т. Формирование алгоритма компьютерной обработки изображения пряжи для измерения показателей ее ворсистости // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. №2. С. 109...113.

47. Коробова Т.Н., Евсеева Н.В., Гусев Б.Н. Оценка качества компьютерного метода измерения радиуса ворсистости пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. №3. С. 17...21.

48. Стенюгина О.В., Коробов Н.А., Гусев Б.Н., Алешина Д.А. Определение геометрических характеристик петлеобразования трикотажного полотна по компьютерному измерению // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. №1. С. 19...22.

49. Мальшева О.В., Гусев Б.Н. Совершенствование компьютерного метода определения структурных (геометрических) характеристик трикотажного полотна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. №5. С. 232...235.

REFERENCES

1. National program «Digital Economy» [Electronic resource]. <https://www.tadviser.ru/index.php> / (Date of application: 04/10/2023).

2. Modern technologies for the production of textile materials with special properties and their applications / A.M. Kiselev, E.V. Rummyantsev, O.I. Odintsova, V.E. Rummyantseva // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2. Pp. 121...133.

3. Miroshnichenko D.A. Systematization of methods for constructing interlacing of single-layer fabrics with visual volumetric effects / D.A. Miroshnichenko, G.I. Tolubeeva // Izv. vuzov. Light industry technology. 2017. No. 2 (Vol. 36). Pp. 12...15.

4. Abdullin I.Sh., Ibragimov R.G., Zaitseva O.V., etc. Modern fabrics with membrane coating // Design. Materials. Technology. 2014. No. 5. Pp. 25...29.

5. Aleeva S.V. Technological approaches to the biomodification of the structure of flax fiber for the production of sorption materials / S.V. Aleeva, O.V. Lepilova, S.A. Koksharov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. No. 1. Pp. 319...324.

6. Transcript of the speech of the President of the Russian Federation [Electronic resource]. <http://www.kremlin.ru/events/president/news/69967> / (Accessed 12.04.2023).

7. Pavlov S.V., Korobov N.A., Gusev B.N. Recognition of the origin of fibers using color measurements // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2001. No.6. P. 12...14.

8. Komarov A.B., Korobov N.A. Finding the warp and weft threads on the image of the fabric surface using Radon transformation // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2003. No. 4. Pp. 96...98.

9. Volgin A.B. Recognition of a digital image of a self-twisted thread in order to determine the twist // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 5. Pp. 159...162.

10. Silakov A.V., Varlamova S.A., Kotkov P.V. Software recognition of defects in images of regular textures in the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No.2. Pp. 266...272.

11. Li Y., Low H., Jiang G., Kong H. An algorithm for detecting tissue defects using an optimal Gabor filter based on RDPSO // Journal of the Textile Institute. 2019. Vol. 110. No. 4. Pp. 487...495.

12. Zubko D.P., Korobov N.A., Gusev B.N. Computer research of twisted yarn surfaces // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2002. No.1. P. 10...13.

13. Shalomin O.A., Matrokhin A.Yu., Gusev B.N. Optimization of the values of the parameters of the process of measuring the indicators of clogging of cotton fibers by their digital image // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2009. No. 6. P. 21...24.

14. Gois T.O., Bazhenov S.M., Matrokhin A.Yu. Development of an algorithm for recognizing the degree of damage to geotextile canvases based on the analysis of digital images // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2016. No.5. Pp. 55...59.

15. Shlyakhtenko P.G., Sukharev P.A. Control of parameters of a twisted thread by computer image of its surface // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2013. No. 4. Pp. 18...21.

16. Treshchalin Yu.M., Kiselev M.V., Khammatova V.V., Treshchalin M.Yu., Kiselev A.M. Investigation of the structure of nonwoven materials by computed tomography // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2015. No. 5. Pp. 31...35.

17. Kareva T.Yu., Miroshnichenko D.A., Tolubeeva G.I., Bolsunovskaya M.V., Boikov A.V., Lodyshkin A.V. Search for ways to improve the digital representation of textile materials in order to detect defects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2. Pp. 104...108.

18. Ivanovskiy V.A. Thread recognition in the structure of a three-dimensional fabric // Izvestiya Vys-

shikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2014. No. 5. P. 12...15.

19. *Kopareva E.M., Zimina M.V., Titov S.N., Chagina L.L.* Using the principles of automated recognition of optical images to assess the stability of the structure of knitted fabrics // Technologies and quality. 2021. No. 1. Pp. 4...8.

20. *Zhang Zh., Wang Zh., Pan R., Zhou Zh., Gao Wu.* Computer vision-based system for automatic detection of incorrectly executed warp threads in fabric dyed in thread: Part I: continuous segmentation of warp threads // Textile Institute Journal. 2018. Vol. 109. No. 5. P. 577...584.

21. *Sheromova I.A., Starkova G.P., Zheleznyakov A.S.* Computerization of the express method for assessing the parameters of the spreading of threads in woven fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. No. 3. Pp. 55...58.

22. *Alekseev I.V., Matrokhin A.Yu., Gusev B.N.* Development of a method for computer measurement of indicators of whiteness of textile fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2006. No.1. Pp. 127...129.

23. *Ryklin D.B., Tan S.* Assessment of the anisotropy of drapery of fabrics based on the analysis of 3D scanning results // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. No. 2. Pp. 325...329.

24. *Liang Z., Xu B., Chi Z., Feng D.* Intelligent characterization and evaluation of the appearance of the yarn surface using the analysis of the latency map, wavelet transform and fuzzy neural network ARTMAP // Expert Systems with Applications. 2012. Vol. 39. No. 4. Pp. 4201...4212.

25. *Hanbay K., Talu M. F., Ozguven O. F., Ozturk D.* Real-time detection of defects in Knitwear using Shirlet transformation // Textiles and confection. 2019. Vol. 29. No. 1. P. 1...10.

26. *Matrokhin A.Yu., Korobov N.A., Gusev B.N.* Computer measurement of fiber length indicators // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2000. No.3. Pp. 6...8.

27. *Wong V., Jiang Jiang.* Computer vision technique for detecting tissue defects // Applications of computer vision in modeling, recognition and search for models in fashion and textile materials. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 2018.

28. *Korobov N.A., Gruzintseva N.A., Lysova M.A., Gusev B.N.* Constructing a methodology for digital research of non-woven surface density unevenness // Technologies and quality. 2021. No. 2. Pp. 5...10.

29. *Makarov A.G., Demidov A.V.* Digital prediction of elastic, viscoelastic and plastic components of deformation of textile materials // Design. Materials. Technology. 2022. No. 1. Pp. 130...135.

30. *Klimova N.S., Pereborova N.V., Litvinov A.M., Kozlov A.A.* Computer prediction of deformation processes of polymer textile materials // Design. Materials. Technology. 2021. No.2. Pp. 120...130.

31. *Pereborova N.V., Kiselev S.V., Wagner V.I., Kozlov A.A., Kalanchuk O.E.* Computer forecasting and system analysis of deformation processes of textile materials // Izv. vuzov. Light industry technology. 2020. No. 3. P. 5...15.

32. *Akindinova T.L., Smirnova N.A., Boyko S.V., Lapshin V.V., Zamyshlyeva V.V.* Research and modeling of relaxation processes during bending of side tissues // Design. Materials. Technology. 2021. No. 1. Pp. 124...127.

33. *Vasilyeva E.K.* Computer modeling of deformation and relaxation properties of polyamide fabrics for parachute domes // Izv. vuzov. Light industry technology. 2016. No. 1. Pp. 17...28.

34. *Dolgova E.Yu., Chizhik M.A., Naimankhanova Zh.M., Ivantsova T.M.* Formation of a training sample for creating digital doubles of textile materials // Izv. vuzov. Light industry technology. 2021. No. 3. Pp. 39...42.

35. *Li C., Yang R., Liu Z., Gao G., Liu Q.* Detection of tissue defects by studying visual expressiveness based on a dictionary // International Journal of Clothing Science and Technology. 2016. Vol. 28. No. 4. Pp. 530...542.

36. *Kiselev A.M., Kiselev M.V.* Design and prediction of physico-mechanical properties of composite materials based on 3D textile preforms // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. No. 1. Pp. 325...329.

37. *Klimova N.S., Wagner V.I., Ovsyannikov D.A., Litvinov A.M.* Digitalization forecasting of creep processes of sewing materials // Design. Materials. Technology. 2022. No. 2. pp. 88-92.

38. *Sevostyanov P.A., Firsov A.V.* Information and computer technologies in the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. No. 4. Pp. 107...109.

39. *Gusev B.N.* Improving the methodology for identifying quality indicators of textile materials and products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2005. No.6. Pp. 119...122.

40. *Lysova M.A., Korobov N.A., Gusev B.N.* Investigation of the method of computer determination of the density of the stitching of multilayer textile fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. No. 8. P. 99...102.

41. *Stasheva M.A., Korobov N.A., Gusev B.N.* Development of an express method for computer measurement of tissue filling and porosity indicators // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2002. No. 3. Pp. 17...19.

42. *Stasheva M.A., Korobov N.A., Gusev B.N.* Improvement of the method of computer measurement of filling and porosity of tissue // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2003. No. 3. Pp. 26...29.

43. *Kuzmicheva E.N., Yukhin S.S.* Investigation of porosity indicators of woven fabrics // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2008. No. 2. Pp. 119...120.

44. *Matrokhin A.Yu., Shalomin O.A., Kruglov A.V., Gusev B.N.* Identification of informative signs for determining the maturity of cotton fiber // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2009. No. 4. P. 7...10.

45. *Korobova T.N., Gusev B.N.* Modeling of the pile surface of yarn taking into account its normalized characteristics // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2008. No. 4. P. 15...18.

46. *Korobova T.N., Matrokhin A.Yu., Gusev B.N., Leonidi T.* Formation of an algorithm for computer

processing of yarn images to measure its napiness indicators // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2005. No.2. Pp. 109...113.

47. *Korobova T.N., Evseeva N.V., Gusev B.N.* Evaluation of the quality of a computer method for measuring the radius of the pile of yarn // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2007. No. 3. Pp. 17...21.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии Ивановского государственного политехнического университета. Поступила 03.05.23.

УДК 316.35

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_34

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯМИ
В ПОДПРОГРАММЕ "ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
И НАРОДНЫЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ПРОМЫСЛЫ"
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
"РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ПОВЫШЕНИЕ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ"**

**MODERN CHALLENGES IN CHANGE MANAGEMENT
IN THE SUB-PROGRAM "LIGHT INDUSTRY
AND FOLK ART CRAFTS" OF THE STATE PROGRAM
OF THE RUSSIAN FEDERATION
"INDUSTRY DEVELOPMENT AND INCREASING ITS COMPETITIVENESS"**

*В.В. ФИЛАТОВ¹, В.Ю. МИШАКОВ¹, В.В. БЕЗПАЛОВ²,
О.В. МАКЕЕВА³, И.И. ГЕРАСИМЕНКО⁴, М.В. ТОКАРЕВА⁵*

*V.V. FILATOV¹, V.Yu. MISHAKOV¹, V.V. BEZPALOV²,
O.V. MAKEEV³, I.I. GERASIMENKO⁴, M.V. TOKAREVA⁵*

¹Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),

²Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,

³АНО ВО "Московский региональный социально-экономический институт" (МРСЭИ),

⁴Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ),

⁵Российский университет транспорта (МИИТ))

(¹A.N. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art),

²Plekhanov Russian University of Economics,

³Moscow Regional Socio-Economic Institute,

⁴K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University),

⁵Russian University of Transport)

E-mail: filatov_vl@mail.ru, mishakovviktor@yandex.ru, valerib1@yandex.ru, makeeva-oks@yandex.ru, gerasimenko_ii22@mail.ru, bmvprof@mail.ru,

Цель исследования – провести анализ современных проблем управления изменениями в государственной программе Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности", в том числе на примере четвертой подпрограммы "Легкая промышленность и народные художественные промыслы", входящей в состав данной государственной программы. Предметом исследования выступают статистические данные, характеризующие эффективность государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее

конкурентоспособности", в том числе подпрограммы "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" в ее составе. Методологической основой исследования стали общенаучные методы познания (методы структурного и функционального анализа, диалектический, логического единства, традиционные приемы экономического анализа и синтеза), а также специфические методы оценки состояния государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности". Проанализированы основные проблемы в отраслях легкой промышленности РФ в настоящее время. Установлено, что основные проблемы управления изменениями в подпрограмме "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности": отсутствие учета влияния внешней среды на индикаторы развития легкой промышленности; несоответствие индикаторов развития легкой промышленности в подпрограмме; необоснованность некоторых индикаторов подпрограммы и прогноза их динамики. Еще одним недостатком мероприятий Подпрограммы в их содержательной части может быть назван упор на финансовую поддержку организаций отрасли – участников Подпрограммы, при этом собственно критерии выбора участников программы и сама процедура отбора остаются непрозрачными и имеет место неэффективный контроль за исполнителями, которые ретроспективно корректируют разбивку плановых показателей по периодам внутри года для того, чтобы широкой общественности не продемонстрировать явных разрывов между запланированными и фактически показателями освоения финансирования.

The purpose of the study is to analyze the current problems of change management in the state program of the Russian Federation "Development of industry and increase its competitiveness", including the example of the fourth Subprogram "Light industry and folk arts and crafts", which is the part of this state program. The subject of the study is statistical data characterizing the effectiveness of the state program of the Russian Federation "Development of industry and increasing its competitiveness", including the Subprogram "Light industry and folk arts and crafts" in its composition. The methodological basis of the study was general scientific methods of cognition (methods of structural and functional analysis, dialectical, logical unity, traditional methods of economic analysis and synthesis), as well as specific methods for assessing the condition of the state program of the Russian Federation "Development of industry and increasing its competitiveness". The main problems in the light industry of the Russian Federation at the present time are analyzed. It has been established that the main problems of managing changes in the subprogram "Light industry and folk arts and crafts" of the state program of the Russian Federation "Development of industry and increasing its competitiveness" are the lack of consideration of the influence of the external environment on indicators of the development of light industry; discrepancy between the indicators of the development of light industry in the subprogram; groundlessness of some indicators of the subprogram and forecast of their dynamics. Another disadvantage of the activities of the Subprogram in their content can be called the emphasis on financial support for industry organizations - participants in the Subprogram, while the actual criteria for selecting program participants and the selection procedure itself remain opaque and there is ineffective control over performers who retrospectively adjust the breakdown of planned indicators by periods

within a year, in order to ensure that the general public does not show obvious gaps between the planned and actual performance of funding.

Ключевые слова: стратегические направления развития, SWOT-анализ, легкая промышленность РФ, конкурентоспособность отраслей, рынки инноваций, высокие технологии, управление изменениями, государственная программа Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности", подпрограмма "Легкая промышленность и народные художественные промыслы".

Keywords: strategic directions of development, SWOT-analysis, light industry of the Russian Federation, competitiveness of industries, innovation markets, high technologies, change management, State program of the Russian Federation "Development of industry and increasing its competitiveness", Sub-program "Light industry and folk art crafts".

Цель государственной политики в сфере развития легкой промышленности и народных художественных промыслов – развитие высокотехнологичного и конкурентоспособного на внутреннем и внешних рынках производства российской продукции, а также сохранение культурных традиций и опыта мастеров-ремесленников [1]. Именно поэтому была принята государственная подпрограмма "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" [3].

Государственные программы – это организационно-экономический инструмент, позволяющий увязать расходы и ожидаемые результаты, что и составляет их основную ценность как инструмента проектного управления. С 2014 г. изменился формат целевых программ и в практику проектного управления введены государственные и муниципальные программы, на основе которых формируется программный бюджет [22].

Структура государственных программ и проектов жестко регламентирована. Аналогичную структуру имеют подпрограммы, что позволяет объединять проблемы управления государственными и муниципальными программами. Несомненным преимуществом государственных подпрограмм является возможность комплексно взглянуть на деятельность государственных и коммерческих структур и определить их роль и стратегическую миссию в развитии отраслей промышленно-

сти, а также связать воедино стратегию развития отраслей промышленности, бюджет и государственные и муниципальные программы и проекты [4]. При этом доля программных расходов в бюджете должна приближаться к 100 %, что потенциально позволяет оценить деятельность государственных и коммерческих структур, связать результаты и затраченные средства и внести в случае необходимости изменения в комплексный план действий этих структур [8]. Но при четкой структурированности программ могут возникнуть факторы внутреннего или внешнего генезиса, способные повлиять на ход реализации программ. В этом случае ответственные государственные и коммерческие структуры должны будут оперативно реагировать и управлять изменениями с целью достижения желаемых результатов в новых социально-экономических условиях [21].

В РФ в 2012 году принята госпрограмма "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" на период до 2020 года (утверждена распоряжением правительства от 27.12.2012 № 2539-р). В указанном документе, состоящем из 273 страниц, в качестве объектов (подпрограмм) выделена 21 подпрограмма управления различными отраслями промышленного комплекса и одна ФЦП, связанная с уничтожением запасов химического оружия в РФ.

Комплексный анализ государственных программ и их реализации позволяет на

конкретных примерах из фактической действительности проиллюстрировать актуальную проблематику в сфере управления изменениями в сфере экономики отрасли (региона, национальной экономики в целом) [6]. Анализируя содержание и реализацию мероприятий четвертой подпрограммы "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" (далее – Подпрограмма) [5], представляем возможным констатировать нижеследующее.

Целью четвертой подпрограммы выступает "создание устойчиво развивающейся легкой промышленности, интегрированной в мировую систему разделения труда и основанной на естественных конкурентных преимуществах страны, таких, как наличие собственного нефтехимического, лесопромышленного и сельскохозяйственного сырья, а также стимулирование активного развития международной конкурентоспособности предприятий легкой и текстильной отраслей промышленности; сохранение производства изделий народных художественных промыслов и поддержание экономической стабильности организаций народных художественных промыслов; создание конкурентоспособной

и структурно сбалансированной индустрии детских товаров" [2].

При этом заявленные задачи Подпрограммы (обеспечение реализации инвестиционных проектов по модернизации и созданию новых производств в легкой промышленности, в том числе сохранение и развитие существующих успешных сегментов отрасли, создание условий для частичной локализации производства швейной и обувной продукции, а также поддержка и развитие российских брендов; поддержка производства и реализации изделий народных художественных промыслов; создание инновационной инфраструктуры исследований и разработок индустрии детских товаров) не детализируют цель и в некоторой степени ее дополняют, что нарушает логику системного выстраивания стратегического целеполагания, являющегося, в свою очередь, первоосновой результативного управления изменениями [7].

Согласно пятому разделу госпрограммы для ее успешной реализации государственными и муниципальными властями будут применяться следующие семь инструментов [4], представленные на рис. 1 (цель, задачи и инструменты реализации государственной программы "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" на период до 2025 г.).



Рис. 1

Структуризация финансового обеспечения государственной программы "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" в разрезе подпрограмм показывает явную диспропорцию распределения бюджетных ассигнований по подпрограммам. События последних лет показали, что реальное финансирование многих подпрограмм не обеспечивается государством в заданные сроки и в заявленном объеме. Таким образом, большинство под-

программ госпрограммы носит в основном декларативный характер и не отвечает методологическим требованиям, предъявляемым к целевым научно-техническим документам (табл.1 – структуризация финансового обеспечения государственной программы "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" в разрезе подпрограмм [4]).

Т а б л и ц а 1

Наименование подпрограмм	Сумма денежных средств, тыс. рублей	Удельный вес, %
Подпрограмма 1. Автомобильная промышленность	782 057 800,2	77,8
Подпрограмма 4. Легкая промышленность и народные художественные промыслы	5 779 195,0	0,6
Подпрограммы 2, 3, 5-21	х	х
ФЦП 22. Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации	77 004 775,5	7,7
Итого	1 005 440 307,5	100,0

Далее установлено, что одним из семи инструментов реализации подпрограмм госпрограммы является таможенное регулирование, причем из всего спектра мер таможенного регулирования в четвертой подпрограмме госпрограммы делается акцент на применение мер таможенно-тарифного регулирования. Ознакомление с подпунктом 4 паспорта четвертой подпрограммы позволило определить место таможенного регулирования в общей системе мер таможенного регулирования и защиты российского внутреннего рынка

(рис. 2 – меры таможенного регулирования в подпрограмме "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" госпрограммы "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" на период до 2025 г.). Приведенные меры таможенного регулирования включают вопросы применения квотирования и специальных видов пошлин и выходят за рамки исключительно таможенно-тарифного регулирования.

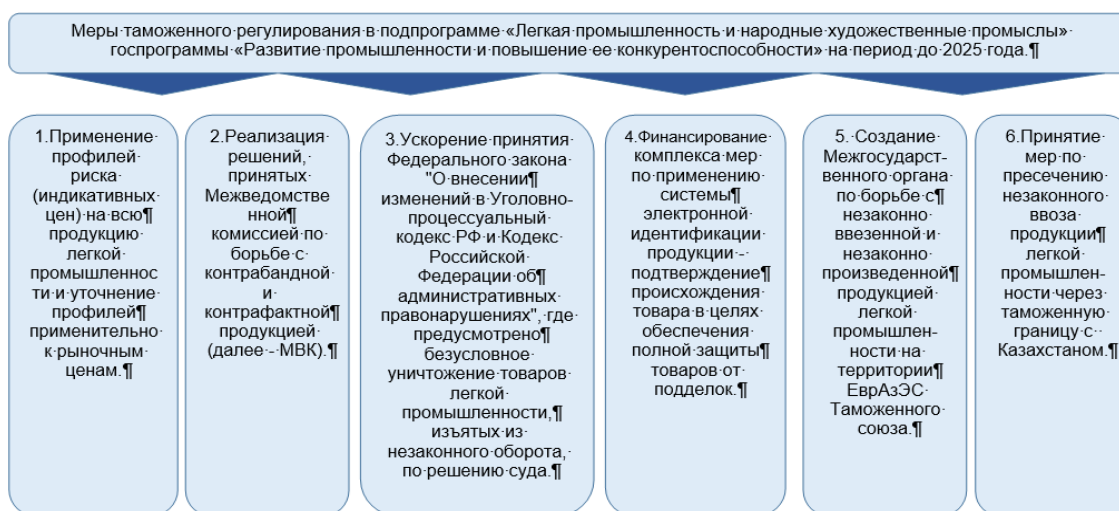


Рис. 2

Трансформация нормативно-правовой базы ориентирована на воздействие на такие элементы рынка, как спрос и предложение, возможности выхода на новые или существующие рынки, а также не содержит количественных параметров этих изменений (рис. 2). Такой подход, предложенный в паспорте четвертой подпрограммы госпрограммы, по нашему мнению, не учитывает два существенных обстоятельства – наличие новых трендов и форм конкурентной борьбы на внешних и внутренних рынках в условиях глобализации и серии пакетов экономических санкций, вводимых уже восьмой раз подряд против РФ.

Оценивая итоги реализации государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности", утвержденной Федеральным законом от 28 июня

2014 года №172-ФЗ "О стратегическом планировании в Российской Федерации" и указом президента РФ от 7 мая 2012 г. №596 "О долгосрочной экономической политике", а также указом президента РФ от 31 декабря 2015 г. №683 "О стратегии национальной безопасности Российской Федерации", можно сделать вывод, что данная госпрограмма разработана с учетом выполнения главных задач стратегии по вехам (контрольным точкам), о чем свидетельствуют отчеты по мониторингу и достигнутые целевые показатели. Методологический подход к управлению изменениями в государственной программе Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" представлен на рис. 3.

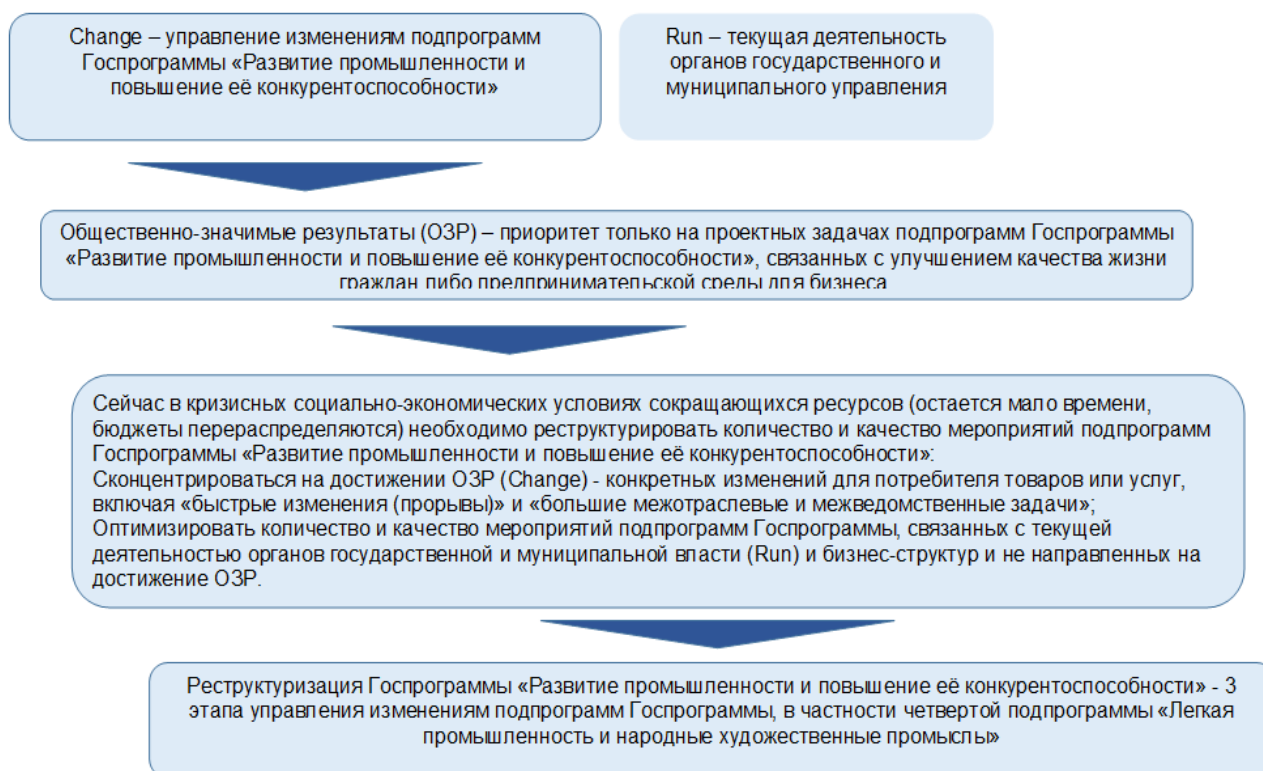


Рис. 3

Три этапа управления изменениями в четвертой подпрограмме "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" государственной программы

Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" представлены на рис. 4.



Рис.4

Как показывает опыт анализа других государственных программ (подпрограмм) на предмет наличия проблем в сфере управления изменениями, соответствующая проблематика является повсеместной и широко распространенной. Добавим, что целевыми индикаторами программы выступают в основном индексы производства (цепные), что снижает *измеримость и контролируемость* перемен, поскольку на соответствующие индикаторы и их динамику значительное влияние оказывают факторы, не управляемые субъектами изменений [9].

Конечные результаты изменений раскрыты в неявном виде, в том числе в виде декларативных формулировок, или же характеризуются громкими и масштабными заявлениями без детализации количественных аспектов и адекватной, соответствующей ожидаемому результату циклосистемы инструментов содействия изменениям (например, создание и устойчивое развитие новых предприятий легкой промышленности, интегрированных в мировую систему разделения труда и опирающихся на естественные конкурентные преимущества страны, а также обладающих мощным инновационным заделом для ежегодного повышения отраслевых темпов экономического роста [18]).

Непрозрачность документации и руководств следует рассматривать не только в общем контексте факторов, снижающих результативность управления изменениями, но также и в контексте проблематики, обуславливающей активное сопротивление изменениям, в том числе по причине их банального непонимания [16]. Еще одним недостатком мероприятий Подпрограммы в их содержательной части может быть назван упор на финансовую поддержку организаций отрасли – участников Подпрограммы, при этом собственно *критерии выбора участников программы и сама процедура отбора остаются непрозрачными*. Помимо этого в процессе реализации Подпрограммы, как представляется, допущена еще одна ошибка в сфере управления изменениями, а именно *концентрация усилий в одном коротком временном промежутке*.

Как видно из материалов публичного ежеквартального мониторинга реализации Программы [5], наиболее активное финансирование и реализация направлений приходится на декабрь каждого года по 2017 год включительно, после указанной даты релевантная отчетность впредь более не публикуется. Подобная статистика, как правило, означает исключительно формальный характер реализации мер по управлению из-

менениями, в деловом обиходе именуемый "действиями для отчетности": ближе к завершению календарного (и финансового в Российской Федерации) года уполномоченные лица активизируют деятельность по реализации государственных программ в целях выполнения плановых показателей, при этом, как наглядно иллюстрирует приведенный кейс, даже сам факт публичного ежеквартального мониторинга не является сдерживающим в данном случае [11].

Вызывает вопросы также то, что на декабрь приходятся пики не только фактической реализации мероприятий, но и плановых показателей, заметно выделяющихся в сравнении с любым отдельно взятым показателем за месяц, и данная ситуация повторяется опять же из года в год. По всей видимости, может иметь место такой дефект управления изменениями, как *ненадлежащее планирование, а также неэффективный контроль за исполнителями*, которым "удается", например, ретроспективно скорректировать разбивку плановых показателей по периодам внутри года для того, чтобы широкой общественности не продемонстрировать явных разрывов между запланированными и фактическими показателями освоения финансирования и иных аспектов реализации программ. И даже в случае, если соответствующие манипуляции отсутствовали, подобная "прозорливость" при планировании, когда основной массив мероприятий приходится на декабрь соответствующего года, лишь иллюстрирует неспособность организации к планомерной и равно пропорциональной реализации изменений [10].

В такой ситуации, если бы даже искусственный интеллект осуществлял планирование по заданной схеме на основе исторического массива фактической информации о выполнении плана по месяцам, пиковые периоды приходились бы на декабрь, что вовсе не означает высокую продуктивность управления и реализации изменений в данный месяц. Более того, скопанные, осуществляемые в "авральном" порядке действия существенно снижают качество реализации управленческих решений, в конечном итоге ставя под со-

мнение эффективность применения программно-целевого подхода для целей управления изменениями в рамках отрасли при отсутствии ломки менталитета исполнителей, повышения исполнительской дисциплины и укрепления системы ответственности в данной сфере.

Для анализа проблем управления изменениями рассмотрим основные индикаторы подпрограммы. На рис. 5 представлен индекс промышленного производства.



Рис. 5

Исходя из приведенной диаграммы можно говорить о спрогнозированном стабильном росте легкой промышленности РФ, однако в условиях внешней среды (санкционная политика), а также экономического кризиса такие темпы роста не были достигнуты [20].

Следующий индикатор – объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных собственными силами работ, услуг без НДС и акциза (рис. 6).

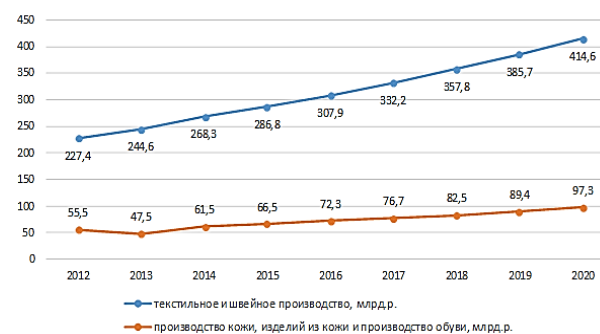


Рис. 6

Исходя из диаграммы можно говорить о том, что темпы роста текстильного и швейного производства выше, чем темпы

роста кожевенной сферы легкой промышленности [15]. Это связано с естественными ограничениями кожевенной промышленности.

Следующий показатель – уровень рентабельности к затратам на производство (рис. 7).



Рис. 7

Исходя из приведенной диаграммы предполагался рост индекса рентабельности в двух сферах. Однако в связи с тем, что темпы роста отгруженных товаров собственного производства различаются, кажется сомнительным примерно одинаковый уровень рентабельности сфер легкой промышленности [14].

Следующий показатель – удельный вес прибыльных организаций в общем числе организаций (рис. 8). На основе диаграммы можно заметить, что предполагается рост веса прибыльных организаций в отрасли легкой промышленности. В целом данный рост соответствует спрогнозированному уровню рентабельности, однако аналогично первому показателю на этот показатель влияет макроэкономическая нестабильность.

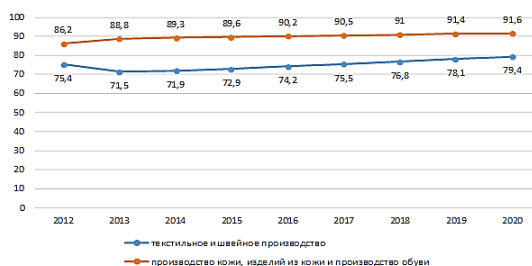


Рис. 8

Следующий показатель – индекс физического объема инвестиций в основной капитал к предыдущему году (рис. 9).

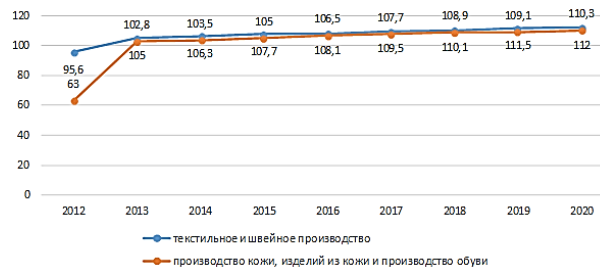


Рис. 9

Исходя из данных диаграммы можно говорить и о росте физического объема инвестиций в основной капитал. Однако не совсем ясно, каким образом должен был быть достигнут показатель инвестиций за 2013 год; в государственной программе не описан этот финансовый механизм, в результате чего можно говорить о необоснованности таких индикаторов.

Последний показатель – индекс производительности труда к предыдущему году (рис. 10).



Рис. 10

Исходя из приведенных данных можно говорить о том, что наблюдается стабильный рост производительности труда [13].

Таким образом, на основе проведенного анализа можно выделить следующие основные проблемы управления изменениями в подпрограмме "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности":

- отсутствие учета влияния внешней среды на индикаторы развития легкой промышленности [12];
- несоответствие индикаторов развития легкой промышленности в подпрограмме [17];

- необоснованность некоторых индикаторов подпрограммы и прогноза их динамики [19].

Таким образом, на примере материалов подпрограммы "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" проиллюстрированы отдельные проблемы управления изменениями, в частности такие, как нарушения логики системного выстраивания стратегического целеполагания, недостаточные измеримость и контролируемость перемен, непрозрачность документации и руководств, включая критерии выбора участников программы и самой процедуры отбора, концентрация усилий в одном коротком временном промежутке, ненадлежащее планирование, а также неэффективный контроль за исполнителями. Устранение соответствующих проблем, имеющих систематический характер, позволит совершенствовать применение программно-целевого подхода к управлению изменениями на отраслевом уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косикова Ю.А., Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Кудрявцев В.В., Положенцева И.В., Фадеев А.С. Анализ внешнеторговой политики Российской Федерации и предложения по увеличению ее эффективности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 3 (387). С. 5...10.

2. Парамонова Т.Н., Урясьева Т.И., Рамазанов И.А. Рынок легкой и текстильной промышленности в период импортозамещения // Торгово-экономический журнал. 2016. Т. 3. № 1. С. 53...66.

3. Парамонова Т.Н., Урясьева Т.И., Рамазанов И.А. Рынок легкой и текстильной промышленности в период импортозамещения // Торгово-экономический журнал. 2015. № 1. С. 53.

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

5. Паспорт подпрограммы 4 "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности". Правительство Российской Федерации. Источник: <https://static.government.ru/media/files/1gqVALrW8Nw.pdf>

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

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

8. Filatov V.V., Zhenzhebir V.N., Polozhentseva I.V., Kolosova G.M., Zaitseva N.A., Larionova A.A., Takhumova O.V. State management of plastic production based on the implementation of UN decisions on environmental protection. Ekoloji. 2018. Т. 27. № 106. С. 635...642.

9. Gnezdova J.V., Barkovskaya V.E., Ramazanov I.A., Kalugina S.A.E., Latortsev A.A. Nonuniformity of digital transformation of industry // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2019. Т. 10. № 2. С. 1733..1739.

10. Ivanova O.M., Bilalova L.M., Yulina G.N., Polozhentseva I.V. Social institutes in the system of person's socialization in present-day Russia. Contemporary Dilemmas: Education, Politics and Values. 2019. Т. 7. № S10. С. 69.

11. Kanke V.A., Vachkova S.N., Vachkov I.V., Nurul M.Z., Sverdlikova E.A., Razov P.V., Polozhentseva I.V., Maksimov A.A. Strategic-empirical analysis of the foundations of organizational-social theory: an individual and group perspective // Academy of Strategic Management Journal. 2021. Т. 20. № S5. С. 14.

12. Kolesnikov A.V., Zernova L.E., Degtyareva V.V., Panko Yu.V., Sigidov Yu.I. Global trends of the digital economy development. Opcion. 2020. Т. 36. № S26. С. 523...540.

13. Nosov V.V., Tindova M.G., Ramazanov I.A., Poletaeva L.P., Avdotjin V.P. Assessing natural resources using knowledge-based information processing tools // Journal of Physics: Conference Series. 2020. С. 012009.

14. Mishakov V.Y., Daitov V.V., Gordienko M.S. Impact of digitalization on economic sustainability in developed and developing countries. Research for Development. 2021. С. 265...274.

15. Mezentseva E.V., Mishakov V.Y., Erofeev O.O. Systemic analysis of expert groups of the textile industry in the selection of determining quality indicators using the example of heat-insulating nonwoven materials // Fibre Chemistry. 2020. Т. 51. № 5. С. 368...376.

16. Podshibyakina T.A., Zaitseva N.A., Larionova A.A., Kosolapov A.B., Zhenzhebir V.N., Palastina I.P., Polozhentseva I.V. Evaluation of the influence of economic and national factors on the dissemination of political ideas in the context of globalization // Modern Journal of Language Teaching Methods. 2018. Т. 8. №11. С. 62...68.

17. Panasenko S.V., Ramazanov I.A., Mayorova E.A., Nikishin A.F., Uryaseva T.I. Ranking the Russian regions by the technological development of retail trade // International Journal of Recent Tech-

nology and Engineering. 2019. T. 8. № 2. C.4087...4094.

18. *Panasenko S.V., Cheglov V.P., Ramazanov I.A., Krasil'nikova E.A., Stukalova I.B., Shelygov A.V.* Improving the innovative development mechanism of the trade sector // Journal of Advanced Pharmacy Education and Research. 2021. T. 11. № 1. C. 141...146.

19. *Ramazanov I.A., Panasenko S.V., Uryaseva T.I., Kalugina S.A., Paramonova T.N.* Perception of price fluctuations in the context of consumption traditions and consumer expectations amid globalization of markets. *Espacios*. 2018. T. 39. № 48. C. 33.

20. *Ramazanov I.A., Panasenko S.V., Mayorova E.A., Nikishin A.F., Ramazanov S.A.* Prospects for the development of online trade in the Russian Federation in the context of globalization and the information society establishment // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. T. 8. № 2. C. 4413...4424.

21. *Visarionova T.A., Zernova L.E., Mishina E.U.* Problems of financing small and medium-sized enterprises in Russia // *Modern Science*. 2019. № 12-1. C. 21...25.

22. *Zernova L.E.* Features of the small business lending process in commercial banks // International Journal of Professional Science. 2020. № 4. C. 37...42.

REFERENCES

1. *Kosikova Yu.A., Filatov V.V., Mishakov V.Yu., Kudryavtsev V.V., Polozhentseva I.V., Fadeev A.S.* Analysis of the foreign trade policy of the Russian Federation and proposals to increase its effectiveness // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2020. No. 3 (387). Pp. 5-10.

2. *Paramonova T.N., Uryaseva T.I., Ramazanov I.A.* The market of light and textile industry in the period of import substitution // *Trade and Economic Journal*. 2016. V. 3. No. 1. S. 53-66.

3. *Paramonova T.N., Uryaseva T.I., Ramazanov I.A.* The market of light and textile industry in the period of import substitution // *Trade and Economic Journal*. 2015. No. 1. P. 53.

4. *Simonova V.A., Zadornov K.S., Senkov V.A., Kvach N.M.* Qualitative assessment of costs and investments in information security projects of light industry enterprises // *Industrial Economics*. 2021. V. 2. No. 2. S. 47-52.

5. Passport of subprogram 4 "Light industry and folk art crafts" of the state program of the Russian Federation "Development of industry and increasing its competitiveness". Government of the Russian Federation. Source: <https://static.government.ru/media/files/1gqVALrW8Nw.pdf>

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

7. *Filatov V., Mishakov V., Osipenko S., Artemyeva S., Kolontaevskaya I.* Industry 4.0 concept as an

incentive to increase the competitiveness of the food and processing industries of the Russian Federation. Proceedings of: E3S Web of Conferences. 1.2020. S. 03040.

8. *Filatov V.V., Zhenzhebir V.N., Polozhentseva I.V., Kolosova G.M., Zaitseva N.A., Larionova A.A., Takhumova O.V.* State management of plastic production based on the implementation of UN decisions on environmental protection. *Ekoloji*. 2018. V. 27. No. 106. S. 635-642.

9. *Gnezdova J.V., Barkovskaya V.E., Ramazanov I.A., Kalugina S.A.E., Latortsev A.A.* Nonuniformity of digital transformation of industry // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019. V. 10. No. 2. S. 1733-1739.

10. *Ivanova O.M., Bilalova L.M., Yulina G.N., Polozhentseva I.V.* Social institutes in the system of person's socialization in present-day Russia. *Contemporary Dilemmas: Education, Politics and Values*. 2019. Vol. 7. No. S10. S. 69.

11. *Kanke V.A., Vachkova S.N., Vachkov I.V., Nurul M.Z., Sverdlikova E.A., Razov P.V., Polozhentseva I.V., Maksimov A.A.* Strategic-empirical analysis of the foundations of organizational-social theory: an individual and group perspective // *Academy of Strategic Management Journal*. 2021. Vol. 20. No. S5. S. 14.

12. *Kolesnikov A.V., Zernova L.E., Degtyareva V.V., Panko Yu.V., Sigidov Yu.I.* Global trends of the digital economy development. *Option*. 2020. V. 36. No. S26. Pp. 523-540.

13. *Nosov V.V., Tindova M.G., Ramazanov I.A., Poletaeva L.P., Avdotjin V.P.* Assessing natural resources using knowledge-based information processing tools // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. P. 012009.

14. *Mishakov V.Y., Daitov V.V., Gordienko M.S.* Impact of digitalization on economic sustainability in developed and developing countries. *Research for Development*. 2021. Pp. 265-274.

15. *Mezentseva E.V., Mishakov V.Y., Erofeev O.O.* Systemic analysis of expert groups of the textile industry in the selection of determining quality indicators using the example of heat-insulating nonwoven materials // *Fiber Chemistry*. 2020. V. 51. No. 5. S. 368-376.

16. *Podshibiyakina T.A., Zaitseva N.A., Larionova A.A., Kosolapov A.B., Zhenzhebir V.N., Palastina I.P., Polozhentseva I.V.* Evaluation of the influence of economic and national factors on the dissemination of political ideas in the context of globalization // *Modern Journal of Language Teaching Methods*. 2018. V. 8. No. 11. S. 62-68.

17. *Panasenko S.V., Ramazanov I.A., Mayorova E.A., Nikishin A.F., Uryaseva T.I.* Ranking the Russian regions by the technological development of retail trade // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. V. 8. No. 2. S. 4087-4094.

18. *Panasenko S.V., Cheglov V.P., Ramazanov I.A., Krasil'nikova E.A., Stukalova I.B., Shelygov A.V.* Improving the innovative development mechanism of the trade sector // *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research*. 2021. T. 11. № 1. C. 141-146.

19. Ramazanov I.A., Panasenko S.V., Uryaseva T.I., Kalugina S.A., Paramonova T.N. Perception of price fluctuations in the context of consumption traditions and consumer expectations amid globalization of markets. *Espacios*. 2018. Т. 39. № 48. С. 33.

20. Ramazanov I.A., Panasenko S.V., Mayorova E.A., Nikishin A.F., Ramazanov S.A. Prospects for the development of online trade in the Russian Federation in the context of globalization and the information society establishment // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. Т. 8. № 2. С. 4413-4424.

21. Visarionova T.A., Zernova L.E., Mishina E.U. Problems of financing small and medium-sized enterprises in Russia // *Modern Science*. 2019. № 12-1. С. 21-25.

22. Zernova L.E. Features of the small business lending process in commercial banks // *International Journal of Professional Science*. 2020. № 4. С. 37-42.

Рекомендована кафедрой управления РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство).
Поступила 14.12.21.

УДК 331.522

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_45

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРУДОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЕКСТИЛЬНОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ОТРАСЛЕВОГО КОМПЛЕКСА

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF THE LABOR COMPONENT OF THE TEXTILE REGIONAL INDUSTRY COMPLEX

*С.М. СТЕПАНОВА¹, Т.Ю. СОРОКИНА¹, С.Н. СПЕРАНСКИЙ¹,
И.Ю. ЕРЕМИНА², С.М. МАМЕДОВ³*

*S.M. STEPANOVA¹, T.Yu. SOROKINA¹, S.N. SPERANSKY¹,
I.YU. EREMINA², S.M. MAMEDOV³*

¹Ивановский филиал Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова,
²Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина,
³Азербайджанский государственный экономический университет)

(Ivanovo branch of the Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov,
Russian State University named after A.N. Kosygin,
Azerbaijan State University of Economics)

E-mail: stepanova.swet@yandex.ru; sorokina_t.u@mail.ru, spira1971@mail.ru

В статье рассматриваются показатели оценки эффективности управления трудовой составляющей: экономической, мотивационной, производственной. Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время существует ряд проблем управления трудовыми ресурсами, вызывающих снижение эффективности использования уже имеющихся ресурсов. Актуальность диагностики эффективности управления трудовой составляющей в региональном аспекте и на уровне отраслевого комплекса связана с тем, что данные показатели в совокупности отражают эффективность управленческого процесса и эффективность самого труда. Проведен анализ динамики показателя мотивационной эффективности управления трудовой составляющей ТРОК Ивановской области за 2017-2021 гг. Для сравнительной характеристики за 2021 г. рассчитаны индикаторы для региона.

The article considers indicators for assessing the effectiveness of managing the labor component: economic, motivational, production. The relevance of the study is due to the fact that nowadays there are a number of problems in the management of labor resources that contribute to a decrease in the productivity of the existing resources use and, in the absence of attractiveness of labor in the industry for potential employees. The relevance of diagnosing the effectiveness of managing the labor component in the regional aspect and at the level of the industry complex is due to the fact that these performance indicators in the aggregate reflect the effectiveness of the management process and the efficiency of labor itself. The analysis of the dynamics of the indicator of motivational efficiency of the labor component management of the Ivanovo region TROK in 2017-2021 was carried out. For comparison, indicators for the region as a whole and in the field of finance and insurance in 2021 were calculated.

Ключевые слова: трудовые ресурсы, эффективность, человеческие ресурсы, мотивация, текстильный региональный отраслевой комплекс, эффективное развитие.

Keywords: labor resources, efficiency, human resources, motivation, textile regional industry complex, effective development.

По результатам исследования текущего состояния трудовой составляющей текстильного регионального отраслевого комплекса (ТРОК) Ивановского региона были определены и обозначены основные проблемы в области управления трудовыми ресурсами комплекса, существенная часть которых сводится к отсутствию единого методологического подхода к процессу формирования потенциальной рабочей силы с необходимыми качественными и количественными характеристиками (квалификационный уровень, стаж работы, возраст и т.п.) и анализу результативности использования труда [3], [5].

Одним из путей решения обозначенных проблем является совершенствование механизма формирования потенциальной рабочей силы в целом по региону и на уровне ТРОК согласно заданным параметрам. Параметры определяются в соответствии с целевыми показателями устойчивого развития региона и отрасли.

В рамках проведения комплексного анализа трудовой составляющей текстильного регионального отраслевого комплекса предложена группа показателей оценки эффективности управления: мотивационная, экономическая, производственная [2], [5]. Данные показатели выбраны в связи с

необходимостью оценки эффективности управления трудовой составляющей с двух позиций: во-первых, с позиции эффективности управленческого процесса, во-вторых, с позиции эффективности самого труда.

Процесс управления человеческими и трудовыми ресурсами включает в себя несколько стадий: формирование, распределение и перераспределение, использование и развитие. Повышение эффективности управления данной категорией ресурсов должно отвечать требованиям и основным направлениям развития региона и отраслевого комплекса, а также учитывать текущую макроэкономическую ситуацию в стране и в мире [1].

Для анализа эффективности управления трудовыми ресурсами отраслевого комплекса и человеческими ресурсами региона требуется система критериев, позволяющих произвести такую оценку. Выбор данных критериев зависит от множества факторов и условий. Прежде всего, эффективность управления определяется исходя из поставленных целей и задач как соотношение достигнутых на определенный временной период результатов и затраченных на их достижение ресурсов. При сравнительном анализе исследуемых потоков показатели эффективности рассчитываются

отдельно для каждого из них. Это необходимо для разработки стратегии синхронного развития потока человеческих ресурсов региона и трудового потока ТРОК.

Основным индикатором оценки экономической эффективности является показатель производительности труда, определяющий его результативность. Повышение производительности труда – это одно из ключевых условий экономического роста хозяйствующих субъектов и обеспечения конкурентоспособности на рынке. Значимость использования показателя производительности труда определяется его многогранностью. Индекс является одним из основных показателей эффективности деятельности хозяйствующих субъектов, характеризующих использование живого и овеществленного труда. Его повышение относится к одной из приоритетных задач государственной политики по обеспечению устойчивого роста реального сектора экономики на предстоящую перспективу [3], [5].

По мнению авторов, в рамках проведения комплексной оценки трудовой составляющей необходимо использовать показатели производительности труда, рассчитанные в соответствии с Методикой расчета показателя "Индекс производительности труда" Федеральной службы государственной статистики [7].

Для исчисления показателя экономической эффективности человеческих ресурсов региона используется индекс производительности труда по экономике субъекта, рассчитываемый по формуле:

$$\text{ППР.ТР.РЕГ.} = \text{ИВРП/ЗАТР.ТР.} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где ППР.ТР.РЕГ. – индекс производительности труда по экономике региона; ИВРП – индекс физического объема валового регионального продукта в основных ценах отчетного периода к базисному периоду; ЗАТР.ТР – индекс совокупных затрат труда по региону отчетного периода к базисному периоду.

Для оценки трудовых ресурсов ТРОК применяется показатель индекса производительности труда по отраслям:

$$\text{ППР.ТР.ОТР.} = \text{ИДОБ.СТ./ИСОВ.ЗАТР.} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где ППР.ТР.ОТР. – индекс производительности труда по отрасли; ИДОБ.СТ. – индекс физического объема валовой добавленной стоимости по отрасли отчетного периода к базисному периоду; ИСОВ.ЗАТР. – индекс совокупных затрат труда по отрасли отчетного периода к базисному периоду.

Ключевым показателем оценки мотивационной эффективности трудовой составляющей является индекс мотивационной эффективности. На наш взгляд, в современных условиях хозяйствования расчет данного показателя необходимо проводить с использованием темпа роста реального среднедушевого денежного дохода населения региона и темпа роста реальной среднемесячной заработной платы в ТРОК.

Данные показатели рассчитываются в соответствии с методиками Федеральной службы государственной статистики как отношение номинальных значений среднедушевых денежных доходов населения и среднемесячной номинальной начисленной заработной платы за отчетный период (прошедший год) и за год, предшествующий отчетному периоду (прошедшему году), скорректированных на индекс потребительских цен (тарифов) на товары и услуги [7].

Относительно человеческих ресурсов региона показатель будет рассчитан как отношение индекса роста реального среднедушевого денежного дохода населения региона к индексу роста минимального размера оплаты труда в регионе:

$$\text{ИМ.ЭФ.ЧР} = \text{ИРСДД/ИМРОТ} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где ИМ.ЭФ.ЧР – индекс мотивационной эффективности (регион); ИРСДД – индекс роста реального среднедушевого денежного дохода населения региона отчетного периода к базисному периоду; ИМРОТ – индекс роста минимального размера оплаты труда в регионе отчетного периода к базисному периоду.

Для потока трудовых ресурсов ТРОК показатель эффективности будет рассчитан как отношение индекса роста реальной среднемесячной заработной платы работ-

ников текстильного комплекса региона к индексу роста среднего значения оплаты труда по экономике региона:

$$IM.ЭФ.ТР = IPC3П / ICOT \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где IM.ЭФ.ТР – индекс мотивационной эффективности (текстильный комплекс); IPC3П – индекс роста реальной среднемесячной заработной платы работников текстильного комплекса региона отчетного периода к базисному периоду; ICOT – индекс роста реальной средней оплаты труда по экономике региона отчетного периода к базисному периоду.

В современных условиях хозяйствования трудовые ресурсы продолжают оставаться важным фактором производства наряду с материальными и финансовыми ресурсами. Показатели хозяйственной деятельности экономических субъектов и их экономический потенциал (уровень себестоимости изготавливаемой продукции, объемы производства, качество и т.п.) во многом зависят от эффективности использования труда [4, 6]. Расходы на оплату труда включаются в себестоимость произведенной продукции, влияя на конечные результаты производственной деятельности. Поэтому необходимо также оценивать эффективность управления трудовой составляющей по производственной (по конечным результатам деятельности) эффективности.

Производственная эффективность определяется показателями рентабельности проданных товаров (продукции, работ, услуг) и индексами промышленного производства. Рентабельность проданных товаров определяется соотношением между величиной сальдированного финансового результата (прибыль минус убыток) от продажи товаров (продукции, работ, услуг) и себестоимостью проданных товаров (продукции, работ, услуг) с учетом коммерческих и управленческих расходов [7].

Индекс промышленного производства – агрегированный индекс производства по видам экономической деятельности промышленного производства; один из основных

макроэкономических индикаторов развития производства (товаров, работ, услуг) [7].

Рассмотренные показатели оценки эффективности трудовой составляющей находятся в тесной взаимосвязи между собой. Оценивая показатели одной группы, нельзя не учитывать влияние показателей другой.

Оценка эффективности трудовой составляющей ТРОК не ограничивается представленными индикаторами, но, на наш взгляд, в настоящее время они являются наиболее актуальными (особенно мотивационная эффективность).

Одной из значимых проблем ТРОК является **недостаток квалифицированных кадров**. Причиной отказа работать на предприятиях ТРОК является в том числе неудовлетворенность условиями труда и размерами заработной платы. Мотивационная функция заработной платы играет важную роль в привлечении и сохранении рабочей силы в нужном количестве и соответствующего квалификационного уровня. Она направлена на побуждение работников к более эффективному труду путем организации материального стимулирования.

Нами рассчитаны показатели мотивационной эффективности управления трудовой составляющей ТРОК Ивановской области за 2017-2021 гг. Для сравнительной характеристики за 2021 г. рассчитаны соответствующие индикаторы для региона в целом (человеческие ресурсы региона) и по финансовой сфере (высокий уровень оплаты труда). Данные представлены в табл. 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

Год	Индекс мотивационной эффективности (коэффициент)
2017	1,03
2018	1,04
2019	0,93
2020	1,009
2021	0,94

Показатель мотивационной эффективности по ТРОК в течение исследуемого периода имеет достаточно низкое значение (среднее за период 0,99). Наблюдается

тенденция к снижению в рассматриваемом периоде (-9%).

Т а б л и ц а 2

Год	Индекс мотивационной эффективности (коэффициент)		
	Регион	ТРОК	Финансовая и страховая деятельность
2021	1,03	0,94	1,02

Коэффициент мотивационной эффективности, рассчитанный для потока человеческих ресурсов региона, по значению на 10% выше, чем по ТРОК.

Мотивационную эффективность можно оценить и по соотношению уровня оплаты труда в ТРОК к среднему аналогичному показателю по региону, а также в сравнении с высокооплачиваемыми сферами деятельности. Оплата труда на предприятиях ТРОК по сравнению со средней по региону ниже на 15% и в два раза меньше, чем в сфере деятельности в области финансов и страхования [7].

Таким образом, имеется необходимость повышения мотивационной эффективности управления трудовой составляющей ТРОК. Увеличение значения показателя будет способствовать привлечению трудовых ресурсов в сферу в нужном количестве с требуемыми квалификационными характеристиками, что определяется целями и задачами развития ТРОК и региона. Обеспечение высокого уровня оплаты труда и создание комфортных условий трудовой деятельности будут способствовать положительной динамике индекса мотивационной активности, являясь реальным стимулом для более качественного выполнения трудовых обязанностей и привлечения в отрасль потенциальной рабочей силы.

Оптимизация трудовых и человеческих ресурсов региона и ТРОК по заданным целевым критериям предрасполагает к повышению всех показателей эффективности управления трудовой составляющей. Рациональное использование имеющихся ресурсов способствует повышению эффективности производства и выполнению задач социально-экономического развития региона и отрасли.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Попов Д.А., Трофимов И.В. Организационно-экономический механизм повышения эффективности управления человеческими ресурсами в условиях инновационного развития отрасли // Вестник евразийской науки. 2013. №4 (17).

2. Сорокина Т.Ю., Оноток Е.Ю. Комплексный анализ трудовых ресурсов промышленного регионально-отраслевого комплекса // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 10-2. С. 173...180.

3. Сорокина Т.Ю. Оценка состояния и перспектив развития трудовых ресурсов текстильных предприятий Ивановской области // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2021. №2 (66).

4. Сосненко Л.С., Кивелус И.Н. Анализ использования трудовых ресурсов и их влияние на экономический потенциал предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2003. №10.

5. Степанова С.М. Методология управления человеческими ресурсами отраслевых экономических систем: автореферат дис. ... д-ра экон. наук. М.: МГУДнТ, 2012. 40 с.

6. Радько С.Г., Пришляк Е.А., Пурьскина В.А. Развитие трудового потенциала как основа принятия кадровых решений на предприятиях текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 51...58.

7. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт [Электронный ресурс]

8. Уткин А.И., Сперанский С.Н. Управление доходным потенциалом кластерообразующих предприятий Ивановской области // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 3(381). С. 14...20.

9. Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т. Управление материальными ресурсами текстильного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5(401). С. 160...166. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_160.

10. Степанова С.М., Голощапова Л.В., Сперанский С.Н., Пахотин Н.Е. Интегральная оценка экономического потенциала промышленного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 1(391). С. 5...10. – DOI 10.47367/0021-3497_2021_1_5.

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

12. Efremov D.E., Speranskii S.N., Pakhotina I.N. Interaction between the warp yarns and the backrest during complex movement // Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2003. No 6(275). P. 43...46.

13. Лапишинов С.Б., Жукова Я.Э., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т. Повышение эффективности управления товарными запасами на основе создания статистических моделей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2(398). С. 59..64. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_59.

14. Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Темербаатарын А. Трудовой компонент в экономической безопасности текстильных предприятий Ивановской области // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3(399). С. 25...32. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_25.

15. Efremov D.E., Speranskii S.N. Evening-out the warp yarn tension on a loom with a double backrest // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1996. Vol. 6. P. 48...51.

16. Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т. Управление материальными ресурсами текстильного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5(401). С. 160...166. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_160.

REFERENCES

1. Popov D.A., Trofimov I.V. Organizational and economic mechanism for improving the efficiency of human resource management in the context of innovative development of the industry // Bulletin of Eurasian Science. 2013. No. 4 (17).

2. Sorokina T.Yu., Onopyuk E.Yu. Comprehensive analysis of labor resources of the industrial regional-branch complex // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2021. No. 10-2. Pp. 173...180.

3. Sorokina T.Yu. Assessment of the state and prospects for the development of labor resources of textile enterprises in the Ivanovo region // Modern science-intensive technologies. Regional Application. 2021. No. 2 (66).

4. Sosnenko L.S., Kivelius I.N. Analysis of the use of labor resources and their impact on the economic potential of the enterprise // Economic analysis: theory and practice. 2003. No. 10.

5. Stepanova S.M. Methodology of human resource management in sectoral economic systems: Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Economic Sciences / Moscow State University of Design and Technology. M., 2012. 40 p.

6. Radko S.G., Prishlyak E.A., Puryskina V.A. Development of labor potential as a basis for making personnel decisions at the enterprises of the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 1 (397). Pp. 51...58.

7. Federal State Statistics Service: Official website [Electronic resource]

8. Utkin A.I. Management of the income potential of cluster-forming enterprises in the Ivanovo region / A.I. Utkin, S.N. Speransky // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 3 (381). S. 14-20.

9. Shakhova I.Yu. Management of material resources of a textile enterprise / I.Yu. Shakhova, S.N. Speransky, T. Amarzhargalan // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5 (401). S. 160-166. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_160.

10. Stepanova S.M., Goloshchapova L.V., Speransky S.N., Pakhotin N.E. Integral assessment of the economic potential of an industrial enterprise // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 1 (391). P. 5-10. – DOI 10.47367/0021-3497_2021_1_5.

11. Efremov D.E. Geometric characteristics of the filling line of the base during the translational movement of the rock along the brackets / D.E. Efremov, S.N. Speransky // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1997. No. 1. S. 42 .

12. Efremov D.E. Interaction between the warp yarns and the backrest during complex movement / D.E. Efremov, S.N. Speranskii, I.N. Pakhotina // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2003. No. 6 (275). P. 43-46.

13. Lapshinov S.B., Zhukova Ya.E., Speransky S.N., Amarzhargalan T. Improving the efficiency of inventory management based on the creation of statistical models // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2 (398). S. 59-64. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_59.

14. Shakhova I.Yu. Labor component in the economic security of textile enterprises in the Ivanovo region / I.Yu. Shakhova, S.N. Speransky, A. Temerbaataryn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 3 (399). S. 25-32. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_25.

15. Efremov D.E. Evening-out the warp yarn tension on a loom with a double backrest / D.E. Efremov, S.N. Speranskii // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1996. Vol. 6. P. 48-51.

16. Shakhova I.Yu. Management of material resources of a textile enterprise / I.Yu. Shakhova, S.N. Speransky, T. Amarzhargalan // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5 (401). S. 160-166. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_160.

Рекомендована кафедрой экономики и прикладной информатики Ивановского филиала РЭУ им. Г.В. Плеханова. Поступила 24.11.22.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖЕНЩИН
В АЗЕРБАЙДЖАНЕ**

**CURRENT STATUS AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT
OF WOMEN'S ENTREPRENEURSHIP IN AZERBAIJAN**

A.M. БАГИРОВА¹, Ф.А. МАМЕДОВ², С.Ш. ТАШПУЛАТОВ³

A.M. BAGIROVA¹, F.A. MAMEDOV², S.SH. TASHPULATOV³

¹Азербайджанский государственный аграрный университет, Республика Азербайджан,

²Азербайджанский технологический университет, Республика Азербайджан,

³Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

¹Azerbaijan State Agrarian University, Republic of Azerbaijan,

²Azerbaijan technological university, The Republic of Azerbaijan,

³Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan)

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

В статье представлены результаты исследования направлений развития предпринимательской деятельности женщин в Азербайджане. По итогам работы получены следующие результаты: предложены поправки в законодательство республики, связанные с регулированием женского предпринимательства, предложен зарубежный опыт по развитию и стимулированию женского предпринимательства, а также рассмотрены возможности и перспективы развития малого и среднего женского предпринимательства в Азербайджане.

The article presents the results of a study of the development directions of women's entrepreneurial activity in Azerbaijan. Based on the results of the work, the following results were obtained: amendments to the legislation of the republic related to the regulation of women's entrepreneurship were proposed, foreign experience in the development and stimulation of women's entrepreneurship was proposed, and the possibilities and prospects for the development of small and medium-sized women's entrepreneurship in Azerbaijan were considered.

Ключевые слова: женское предпринимательство, женская занятость, малое и среднее предпринимательство, законодательство, финансовая поддержка.

Keywords: women's entrepreneurship, women's employment, small and medium-sized businesses, legislation, financial support.

Изменения, происходившие в Азербайджане с начала 90-х годов 20 века до сегодняшнего дня, привели к изменению роли женщин в народном хозяйстве. В

массовом сознании они стали приравняться к мужчинам не только как руководители организаций, но и как субъекты предпринимательской деятельности.

Американские исследователи назвали это активное участие женщин в независимом предпринимательстве "тихой революцией глобального масштаба" [1].

Причины, по которым женщины занимаются предпринимательством в независимом Азербайджане, заключаются не только в их желании уравнивать свои права с мужчинами, но и в неспособности многих мужчин "приспособиться" к рыночным условиям. В условиях финансово-экономических кризисов женщины берут на себя ответственность за семьи, занимаются прибыльным бизнесом. Несомненно, кроме перечисленных, есть и другие причины, по которым азербайджанские женщины "присоединяются" к бизнесу. Например, стремление к социальной самореализации и самостоятельной позиции, снижение уровня жизни, появление барьеров для успешной деятельности на предыдущем месте работы [2], неудовлетворенность достигнутым, наличие собственных идей и невозможность их реализации на прежнем рабочем месте [3].

Результаты нашего исследования подтверждают, что основной сферой, в которой женщины-предприниматели занимаются своим трудом, является малый и средний бизнес. Следует отметить, что Кабинет министров Азербайджанской республики утвердил официальные критерии для классификации предприятий относительно масштабов их деятельности. Так, согласно постановлению Кабинета министров нашей страны за номером 556 от 21 декабря 2018 года к микропредприятиям относятся предприятия с численностью работников 1-10 человек и годовым доходом менее 200 тыс. манатов, к малым предприятиям – с численностью работников 10-50 чел. и годовым доходом менее 200 тыс. манатов – 3 млн. манатов, к средним предприятиям – с численностью работников 51-250 чел. и годовым доходом менее 3 млн. манатов – 30 млн. манатов.

Специально для целей поддержки малого и среднего предпринимательства (МСП) в Азербайджане Указом Президента Азербайджанской Республики от 28 декабря 2017 года было создано Государственное агентство развития малого и среднего предпринимательства. Данное агентство проводило с момента образования ряд эффективных мер по развитию МСП. Среди них можно отметить такие, как: помощь в регистрации малого и среднего бизнеса, получение соответствующих лицензий и разрешений для их форм деятельности, подготовка бизнес-планов, проведение льготного финансирования и т.д.

Особое внимание азербайджанское правительство уделяет развитию женского МСП в легкой промышленности. Согласно данным статистики, в данной отрасли занятыми трудовой деятельностью являются в основном женщины.

По нашему мнению, легкая промышленность менее капиталоемка, чем тяжелая. Поэтому инвестиции в легкую промышленность быстро окупаются, а номенклатура выпускаемой продукции может быть легко изменена в результате небольших капитальных вложений. Производственные затраты для легкой промышленности также низки. Как было отмечено выше, большинство работников легкой промышленности составляют женщины.

Из нашего исследования стало понятно, что с 2008 года по многим направлениям наблюдается положительная динамика роста. Растет производство ваты, готовых шелковых тканей, хлопчатобумажного постельного белья, хлопчатобумажной пряжи, чулочно-носочных изделий и обуви.

Такие предприятия легкой промышленности Азербайджана, как швейная фабрика ООО "Лала-Текстиль" в Евлахском районе, Ленкоранская швейная фабрика, Евлахская швейная фабрика ООО "Гилан-Дари", Агстафинская швейная фабрика группы компаний

"Аккорд", хлопкоочистительный завод в городе Ширван, "Бакинская пряжа", Бакинский швейный дом, Бакинский текстильный комбинат, Сальянский шерстяной комбинат "Атанур", цех по раскрою новых коконов при ОАО "Шекинский шелк", Сумгайытское ОАО "Интертекстиль", "Гиланский текстильный парк", состоящий из ткацкой, красильной и швейной фабрик в Сумгаите, и другие подобные предприятия продолжают функционировать в современных условиях.

Государственная помощь данным предприятиям осуществляется на основе принятой в 2014 г. Государственной программы "О развитии местной промышленности". Основными направлениями программы являются исследование факторов, влияющих на повышение конкурентоспособности и укрепление потенциала отрасли, выявление потенциальных производственных направлений, развитие существующих и создание новых производственных направлений, совершенствование региональной структуры отрасли, совершенствование отраслевых стандартов и т.д.

По результатам исследования Всемирный банк пришел к выводу, что, если доля малого и среднего бизнеса в стране составляет менее 40% от ВВП, инвестиции, поставленные в экономику этой страны, не приводят к необходимому плановому экономическому эффекту [4]. Общая доля малых и средних предприятий в структуре ВВП Азербайджана составляет около 20%, поэтому женское предпринимательство, как видите, выступает важным ресурсом для его развития.

Однако доля женского предпринимательства в Азербайджане сегодня относительно невелика: по данным статистического комитета, 21,3% предпринимателей составляют женщины [5]. По нашим расчетам этот показатель составляет 25-38%, при этом большинство из них занимается малым бизнесом. Для сравнения следует отметить, что доля женщин-предпри-

нимателей в структуре малого бизнеса в США составляет 99,9% [6].

Указанные случаи определяют необходимость разработки государственной политики поддержки женского предпринимательства. С юридической точки зрения категория "женское предпринимательство" отличается предоставлением льгот субъектам женского предпринимательства (они предоставляются субъектам МСП).

Государственная помощь МСП в Азербайджане осуществляется в рамках закона от 15 декабря 1992 года "О предпринимательской деятельности в Азербайджанской Республике". Однако формы помощи, предусмотренные данным законом, не включают целевое направление – женское предпринимательство. На наш взгляд, необходимость особой поддержки женского предпринимательства вытекает из той роли, которую женщины играют в обществе: они не только воспроизводят, воспитывают детей, ведут хозяйство, но и одновременно занимаются бизнесом, что требует огромных затрат, жизненной силы, времени и ресурсов.

Помимо социокультурных и этических причин помощи женщинам-предпринимателям следует отметить и экономические причины. Осуществляя предпринимательскую деятельность, женщины формируют "типичные гендерные пространства" [7], которых нет у мужчин: личные, социальные, образовательные, клининговые, парикмахерские и другие услуги по уходу за собой. Перечисленные направления приносят небольшой, но стабильный доход и менее подвержены экономическим колебаниям, например, связанным с экономическим кризисом.

В научной литературе активно обсуждается вопрос помощи женскому предпринимательству, при этом предлагаются различные направления такой помощи. В частности, на основе исследования [8] мы предлагаем начать подготовку специального раздела в государственных

программах регионального развития по содействию занятости женщин в МСП. В программы, на наш взгляд, должны войти: помощь в покупке здания, предоставление налоговых льгот, организация обучения, финансовая помощь и т.д.

На сегодняшний день политика государственной помощи женщинам-предпринимателям в Азербайджанской Республике находится только в процессе формирования, что подтверждается наличием большого количества программных актов и документов. Несмотря на признание необходимости поддержки и развития женского предпринимательства отсутствует единый подход к вопросу о критериях и условиях получения государственной помощи субъектами женского предпринимательства, что приводит к фактическому отсутствию такой помощи.

Мы считаем, что основы государственной политики по содействию женскому предпринимательству должны быть отражены в Законе Азербайджанской Республики "О предпринимательстве" как акте, создающем систему, посвященную содействию предпринимательству в Азербайджанской Республике. При этом Закон "О предпринимательской деятельности" регламентирует отдельные виды предпринимательской деятельности (внешнеэкономическую, сельскохозяйственную, туристическую и др.). На наш взгляд, целесообразно включить положение о мерах поддержки МСП, осуществляющего предпринимательскую деятельность в сфере образования, инноваций и промышленного производства. Структура Закона "О предпринимательской деятельности" дает полную возможность добавить статью "Содействие субъектам малого и среднего предпринимательства".

В дополнение к общим критериям (количество работников, размер дохода, полученного в течение календарного года и т.д.), которым должны соответствовать все субъекты МСП, в указанном законе должны быть установлены

дополнительные критерии отнесения субъектов женского предпринимательства к субъектам МСП. Такими критериями являются следующие: наличие гражданства Азербайджанской Республики; наличие государственной регистрации в качестве предоставляющего льготы субъекта предпринимательской деятельности на территории Азербайджанской Республики; осуществление предпринимательской деятельности на территории субъекта Азербайджанской Республики. Юридические лица должны быть отнесены к субъектам женского предпринимательства, если женщина-руководитель имеет не менее 51% доли в уставном капитале организации.

Помимо универсальных форм помощи субъектам малого и среднего предпринимательства (финансовой, имущественной, информационной и др.) должны быть предусмотрены и другие меры помощи женщинам-субъектам предпринимательства, которые определяются особой ролью женщины в обществе (они занимаются воспитанием детей и др.). Например, по аналогии с немецким опытом детям таких женщин-предпринимателей должны быть предоставлены специальные места в детских садах.

На наш взгляд, для получения льгот субъекты женского предпринимательства должны соответствовать общим и специфическим требованиям МСП, например, по количеству работников, размеру дохода, полученного в течение календарного года и т.д. [9]. При этом для субъектов женского предпринимательства также должны быть определены дополнительные критерии, соблюдение которых будет необходимым фактором для получения мер государственной помощи. Полагаем, что с учетом специфики организационно-правовой формы предпринимательской деятельности субъекты женского предпринимательства следует разделить на две основные группы:

1) женщины, являющиеся индивидуальными предпринимателями, главами крестьянских (фермерских) хозяйств;

2) хозяйственные общества, хозяйственные товарищества, производственно-потребительские кооперативы, возглавляемые женщинами.

Первая группа женщин-предпринимателей должна соответствовать следующим дополнительным условиям:

1) государственная регистрация в качестве субъекта предпринимательской деятельности на территории субъекта, предоставляющего льготы Азербайджанской Республики;

2) осуществление предпринимательской деятельности на территории субъекта Азербайджанской Республики, предоставляющей льготы.

Вторая группа организаций, принадлежащих женщинам-предпринимателям, должна дополнительно соответствовать следующему требованию: женщина-руководитель владеет не менее чем 51% уставного капитала такой организации.

На наш взгляд, было бы неправильно относить к субъектам предпринимательской деятельности организации, руководителями которых являются женщины, не являющиеся владельцами долей в уставном капитале, поскольку установление такого критерия в целях получения государственной помощи приведет к возможности получения статуса искусственного субъекта женского предпринимательства через официальное назначение женщины руководителем организации.

На наш взгляд, принятие наличия детей у женщины-руководителя в качестве одного из критериев отнесения возглавляемой ею организации к женщинам-предпринимателям необъективно, поскольку привилегии будут предоставлены не матери, а организации в целом. Если речь идет об индивидуальном предпринимателе-женщине, наличие детей может служить дополнительным фактором для оказания государственной помощи таким субъектам.

Исследование показало, что роль женщины в современном обществе стремительно меняется. В условиях интенсивного развития экономических отношений значение деятельности женщин-предпринимателей постоянно возрастает. Именно поэтому оказание нормативно-правовой помощи женщинам, стремящимся к осуществлению предпринимательской деятельности, является одной из важнейших и глобальных тенденций современности, что находит отражение в соответствующих положениях международного законодательства, а также законодательства отдельных зарубежных стран. В мировом опыте широко представлены различные механизмы поддержки женского предпринимательства.

Государственная помощь женщинам – малым и средним предпринимателям – может быть реализована путем применения следующего механизма финансирования. Сочтем, что на финансирование женского предпринимательства ежегодно должна выделяться определенная сумма (квота) из общего объема финансирования, выделяемого государством на оказание помощи МСП. Следует отметить, что в Республике Казахстан поддержка женского предпринимательства основывается на этом принципе [10].

Признание женщин-предпринимателей особой категорией субъектов малого и среднего предпринимательства на законодательном уровне может быть необходимым условием стимулирования и вовлечения женщин в бизнес и служить одним из факторов обеспечения экономической стабильности и повышения благополучия не только их семей, но и общества в целом.

В то же время следует отметить, что поддержка женского предпринимательства является одним из мировых социально-экономических трендов [11]. ООН – один из "пионеров" в этой области. Еще в 1995 году в Пекинской платформе действий, принятой IV Всемирной конференцией по положению

женщин, подчеркивалась необходимость активизации помощи женщинам-предпринимателям, включая доступ к официальным финансовым инструментам, профессиональную подготовку, доступ к рынкам товаров и услуг [11].

Важная роль в реализации перечисленного выпадает на ЮНИДО (Организация Объединенных Наций по промышленному развитию), которая разработала "Программу развития предпринимательства и поощрения инвестиций" (EDIP) [12] с целью создания предприятий, возглавляемых женщинами. В рамках программы оказывается финансовая и консультационная помощь женщинам, управляющим предприятиями. Эта программа успешно реализуется в 50 странах с 2000 г. [13].

Женское предпринимательство также находится в центре внимания в Европейском Союзе. По данным Европейской комиссии, несмотря на то, что количество женщин (52%) в населении ЕС выше, чем мужчин (48%), на сегодняшний день лишь треть женщин занимается предпринимательской деятельностью [14]. В связи с этим ЕС реализует политику создания благоприятных условий для развития женского предпринимательства. Указанная политика реализуется в двух направлениях: предоставляется помощь женщинам-предпринимателям в целом, а также женщинам-предпринимателям, являющимся субъектами МСП. Например, согласно акту Европейской комиссии ЕС № 15/2005 в рамках первого направления предусмотрены квоты для женщин в совете директоров публичных компаний. В рамках второго направления в законе о малом бизнесе упоминается о необходимости развития женского предпринимательства и его поддержки [15]. Так, в соответствии с программой "Инклюзивное предпринимательство в Европе" женщинам, индивидуально занимающимся предпринимательской деятельностью, оказывается государственная информационно-консультационная, об-

разовательная и финансовая помощь [16].

План развития предпринимательства предусматривал создание к 2020 г. трансграничных сетей женского предпринимательства [17]. В частности, в 2010 году Европейская комиссия ЕС разработала Европейскую сеть развития женского предпринимательства с целью создания благоприятной деловой среды для женщин [18]. В 2016 году был запущен бизнес-портал WeGATE для женщин-предпринимателей, работающих в ЕС. Этот портал включает в себя открытие частного бизнеса, его развитие, успешные бизнес-практики; собирает информацию о программах обучения женщин-предпринимателей [19].

Следует отметить, что США являются лидером в помощи женщинам-предпринимателям. Сектор женского малого бизнеса был создан в Конгрессе США в 70-х годах 20 века, и по инициативе этой организации был принят первый акт в сфере помощи женщинам-предпринимателям – Закон о праве женщин на владение бизнесом (1988). В 2017 г. президент США подписал акт о развитии женского предпринимательства с целью улучшения условий для осуществления женщинами предпринимательской деятельности посредством развития программ помощи [20]. Сегодня в Соединенных Штатах успешно реализуется Национальная система долга для женщин-предпринимателей, Программа доступа женщин к капиталу и т.д. Например, в рамках последней программы предоставляется финансовая помощь в размере 500 долларов в месяц.

Для получения помощи женщина-предприниматель должна пройти процедуру аттестации для легализации личного статуса. Условия получения такого сертификата следующие:

- 1) гражданство США;
- 2) наличие не менее 51% доли в бизнесе;
- 3) управление и контроль такого бизнеса на постоянной основе [21].

Как отмечают специалисты, эффективная политика США в сфере помощи женскому бизнесу привела к увеличению доли женщин в малом бизнесе с 7% до 60% [22].

Во Франции в 2003 г. был принят Закон Детрюиля о развитии предпринимательства, одной из целей которого было обеспечение условий для развития женского предпринимательства [23]. На его основе утвержден План развития женского предпринимательства, которым предусмотрено, что женщина-предприниматель имеет право требовать помощи от государства при соблюдении следующих условий:

1) французское гражданство;

2) осуществление предпринимательской деятельности на территории Франции [24].

План развития женского предпринимательства предусматривает три формы государственной помощи женщинам, занимающимся бизнесом: информационная, консультационная (в том числе в форме наставничества) и финансовая (кредиты до 45 000 евро на развитие бизнеса).

В Германии разработаны различные виды программ помощи для женщин-предпринимателей, в том числе МСП. Так, в рамках программы "Frauen Unternehmen" создана сеть "образцовых моделей" женщин-предпринимателей [25]. Программа "EXIST" направлена на оказание финансовой (грантовой) помощи женщинам-владельцам стартапов. В настоящее время предусмотрены дополнительные выплаты женщинам с детьми в рамках Программы [25]. Кроме того, в Германии предусмотрены специальные формы помощи женщинам-предпринимателям. Например, женщина, являющаяся гражданкой Германии и занимающаяся предпринимательской деятельностью, по достижении ребенком 1 года имеет право на место в детском саду (часть оплаты детского сада субсидируется государством) [24].

В Великобритании и Соединенном Королевстве Северной Ирландии финансовая помощь предоставляется в виде займов от 25 000 фунтов стерлингов при участии Совета по женскому предпринимательству при правительстве Великобритании. Помощь может получить женщина, соответствующая следующим условиям: наличие гражданства Соединенного Королевства, планирование бизнеса на территории Соединенного Королевства [25].

ВЫВОДЫ

Проведенное выше исследование международного и зарубежного законодательства о государственной поддержке женского предпринимательства позволило сделать следующие выводы:

- гендерно-ориентированные программы помощи женскому предпринимательству являются мировым опытом и их развитие необходимо стимулировать в нашей стране;

- женщины-предприниматели, как правило, получают государственную помощь как субъекты МСП; программы помощи женскому предпринимательству осуществляются в отдельных странах независимо от того, относятся ли они к данной категории;

- как правило, условиями получения государственной помощи женщиной-предпринимателем являются: наличие гражданства государства, предоставляющего льготы; осуществление / планирование предпринимательской деятельности в пределах государственных льгот;

- помимо универсальных форм государственной помощи женщинам-предпринимателям как субъектам МСП в отдельных странах применяются специальные формы помощи с учетом их социальной роли (предоставление мест в детских садах и др.).

В качестве одного из направлений в стратегии "Азербайджан 2030: национальные приоритеты социально-

экономического развития", на наш взгляд, следует добавить возможность разработки дополнительных механизмов продвижения и популяризации женского предпринимательства. Например, в рамках данной стратегии необходимо начать разработку специального финансового продукта для женщин-предпринимателей, информировать женские общественные объединения об участии МСП в закупках крупных клиентов.

Эти и другие национальные законодательные акты не отражают условий для отнесения женщин-предпринимателей к МСП. В то же время такой опыт уже есть на региональном уровне. Однако анализ национального законодательства, посвященного женскому предпринимательству, показывает, что единой позиции по данному вопросу нет.

На основании анализа отдельных национальных и международных законодательных актов можно сделать вывод, что условия получения государственной помощи женщинами-предпринимателями следующие:

1) женщина, являющаяся и (или) не являющаяся гражданкой Азербайджанской Республики, имеет статус индивидуального предпринимателя;

2) соответствие организаций КОС (малых и средних предприятий), возглавляемых женщинами, следующим требованиям: регистрация на территории субъекта Азербайджанской Республики с предоставлением льгот; осуществление льготной деятельности на территории субъекта Азербайджанской Республики; наличие у женщин не менее 51 (или 50) процентов уставного капитала такой организации;

3) социальная направленность женского предпринимательства.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/silent/index.htm>
2. Семенова Ю.А. О социальном механизме оптимизации женского предпринимательства //

Известия Саратовского университета. 2013. №1. С. 33...35.

3. Нурбекова Ж.А. Теоретические предпосылки социологического анализа женского предпринимательства // Ученые записки Забайкальского государственного университета. 2013. № 4 (51). С. 101...106.

4. Ильиных С.А. Предпринимательство в Азербайджане: анализ фактов влияния // Проблемы современной экономики. 2015. № 2. С.153...156.

5. <https://www.stat.gov.az/news/index.php?id=4828>

6. Ершова И.В., Тарасенко О.А. Малое и среднее предпринимательство: трансформация российской системы кредитования и микрофинансирования // Вестник Пермского университета. 2018. № 1. С. 99...123.

7. Уткина Н.Ю. Объективные и субъективные факторы развития женского предпринимательства в России // Женщина в российском обществе. 2017. № 1 (82). С. 17 -28.

8. Ерохина Л.Д., Панфилова А.О. Барьеры развития женской предпринимательской деятельности в Азербайджане // Теория и практика общественного развития. 2016. № 6. С. 10...13.

9. <https://e-qanun.az/framework/41048>

10. <https://www.un.org/womenwatch/daw/beijing/pdf/Beijing%20full%20report%20E.pdf>, 1995

11. <https://www.aicei.online/edip-program>

12. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-10/EvalRep_THEM_EVAL_Gender%20Equality_Empowerment%20of%20Women_2020.pdf

13. https://ec.europa.eu/info/index_en

14. <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0394:FIN:en:PDF>

15. <https://www.oecd.org/cfe/smes/inclusive-entrepreneurship>

16. <https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/opinions-information-reports/opinions/entrepreneurship-2020-action-plan>

17. <https://wegate.eu/stakeholders/good-practices/wes-reports>

18. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-115publ6/pdf/PLAW-115publ6.pdf>

19. <https://www.wbenc.org>

20. <https://unece.org/fileadmin/DAM/ie/enterp/documents/cuoa.2002.womrepr.pdf>

21. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/dcr-2012-sum-ru/index.html?itemId=/content/component/dcr-2012-sum-ru>

22. <https://www.guideduportage.com/actualite/plan-gouvernemental-pour-developper-entrepreneuriat-feminin-septembre-2013>

23. <https://frauenunternehmen.de>

24. <https://www.exist.de/EXIST/Navigation/EN/Home/home.html>

25. <https://www.startuploans.co.uk/business-advice/support-for-female-entrepreneurs>

REFERENCES

1. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/silent/index.htm>
2. *Semenova Yu.A.* On the social mechanism for optimizing women's entrepreneurship // Bulletin of the Saratov University. 2013. no. 1. p. 33–35.
3. *Nurbekova Zh.A.* Theoretical premises of the sociological analysis of women's entrepreneurship // Uchenye zapiski Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. No. 4 (51). pp. 101–106.
4. *Ilinykh S.A.* Entrepreneurship in Azerbaijan: an analysis of the facts of influence // Problems of the modern economy. 2015. No. 2. S. 153–156.
5. <https://www.stat.gov.az/news/index.php?id=4828>
6. *Ershova I.V., Tarasenko O.A.* Small and medium entrepreneurship: transformation of the Russian system of crediting and microfinance // Bulletin of the Perm University. 2018. No. 1. P. 99–123
7. *Utkina N.Yu.* Objective and subjective factors in the development of women's entrepreneurship in Russia // Woman in Russian society. 2017. No. 1 (82). pp. 17 - 28.
8. *Erokhina L.D., Panfilova A.O.* Barriers to the Development of Women's Entrepreneurship in Azerbaijan // Theory and Practice of Social Development. 2016. No. 6. S. 10–13.
9. <https://e-qanun.az/framework/41048>
10. <https://www.un.org/womenwatch/daw/beijing/pdf/Beijing%20full%20report%20E.pdf>, 1995
11. <https://www.aicei.online/edip-program>
12. https://www.unido.org/sites/default/files/files/file_s/2021-10/EvalRep_THEM_EVAL_Gender%20Equality_Empowerment%20of%20Women_2020.pdf
13. https://ec.europa.eu/info/index_en
14. <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0394:FIN:en:PDF>
15. <https://www.oecd.org/cfe/smes/inclusive-entrepreneurship>
16. <https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/opinions-information-reports/opinions/entrepreneurship-2020-action-plan>
17. <https://wegate.eu/stakeholders/good-practices/wes-reports>
18. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-115publ6/pdf/PLAW-115publ6.pdf>
19. <https://www.wbenc.org>
20. <https://unece.org/fileadmin/DAM/ie/enterp/documents/cuoa.2002.womrepr.pdf>
21. <https://www.oecdilibrary.org/sites/dcr-2012-sum-ru/index.html?itemId=/content/component/dcr-2012-sum-ru>
22. <https://www.guideduportage.com/actualite/plan-gouvernemental-pour-developper-l'entrepreneuriat-feminin-septembre-2013>
23. <https://frauenternehmen.de>
24. <https://www.exist.de/EXIST/Navigation/EN/Home/home.html>
25. <https://www.startuploans.co.uk/business-advice/support-for-female-entrepreneurs>

Рекомендована кафедрой административного управления и коммерции Азербайджанского технологического университета. Поступила 16.01.23.

УДК 332.36

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_59

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ХЛОПКОВОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА

INSTITUTIONAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT OF THE COTTON INDUSTRY IN KAZAKHSTAN

К.К. НУРАШЕВА, Ж.М. СЕЙСЕНБАЕВА

K.K. NURASHEVA, Zh.M. SEISENBAYEVA

(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

Цель исследования – показать возможности совершенствования хлопково-текстильного кластера на юге Казахстана путем создания инновационной интегрированной структуры. Рассмотрены законодательные и ор-

ганизационно-экономические проблемы, которые мешают снизить импорт текстильных изделий и повысить эффективность хлопковой отрасли. Предлагается модель инновационной структуры, интегрирующей деятельность цепочки разного вида сельхозтоваропроизводителей, хлопкоперерабатывающих заводов и предприятий по производству готового текстиля, основанных на паевых началах, коллективной собственности, хождении переводного векселя.

The purpose of the study is to show the possibilities for improving the cotton-textile cluster in the south of Kazakhstan by creating an innovative integrated structure. Legislative, organizational and economic problems that hinder the reduction of imports of textile products and increase the efficiency of the cotton industry are considered. A model of an innovative structure that integrates the activities of a chain of various types of agricultural producers, cotton processing plants and enterprises for the production of finished textiles, based on shares, collective ownership, circulation of a bill of exchange is proposed.

Ключевые слова: интегрированная инновационная структура, хлопково-текстильный кластер, законодательство, рабочая акционерная собственность.

Keywords: integrated innovation structure, cotton-textile cluster, legislation, working shareholding.

Хлопково-текстильная отрасль Казахстана в последние годы претерпела несколько институциональных изменений. В закон Республики Казахстан "О развитии хлопковой отрасли", принятый 21 июля 2007 г., позже неоднократно вносили изменения, а с 1 января 2022 г. он утратил силу [1]. В свое время закон был разработан для того, чтобы уменьшить количество административных барьеров в отрасли и создать условия для привлечения инвестиций, включая кредиты банков. На практике вышло наоборот, банки перестали кредитовать, появились излишние барьеры, снизился приток иностранных инвестиций в хлопководство. Если к моменту принятия закона в 2007 г. отечественные банки кредитовали хлопковую отрасль примерно на 200 млн. долларов в год, то уже спустя два года они практически прекратили давать займы хлопковым компаниям. Банки признали хлопковую отрасль "рисковой" ввиду ее излишней зарегулированности и введения ограничений на залоги основных средств. Такое положение сохраняется до сегодняшнего дня [2].

Основной идеей закона было функционирование хлопковой расписки как ценной бумаги с функцией индоссамента (передаточной надписи). Ожидалось, что сельхозтоваропроизводители, получившие хлопковые расписки, могут либо продавать свой хлопок на свободном рынке, просто переписав хлопковую расписку на покупателя, либо получать банковские кредиты, выставляя хлопковые расписки в качестве залогового обеспечения. Между тем за 12 лет действия закона по хлопковым распискам не было совершено ни одного индоссамента (передаточной надписи), а банки ни разу не взяли хлопковую расписку в качестве залогового обеспечения.

Возникает вопрос: какие меры государственной поддержки предлагаются вместо стимулов, которые не сработали в прежнем законе? Во-первых, министерство сельского хозяйства совместно с акиматом Туркестанской области (единственный регион, где выращивается хлопок в стране) разработало отраслевую программу развития хлопководства. Во-вторых, распоряжением Премьер-министра РК 24.02.2020 г. №38 утверждена Дорожная карта по раз-

витию текстильной промышленности [3]. Дорожная карта предусматривает планы по развитию сырьевой базы отрасли, совершенствованию текстильного производства, запуску новых швейной и прядильно-ткацкой фабрик. В-третьих, вопросы развития легкой промышленности, в т.ч. текстиля, предусмотрены в Предпринимательском кодексе РК, а также в Государственной программе индустриально-инновационного развития РК на 2020-2025 годы [4, 5].

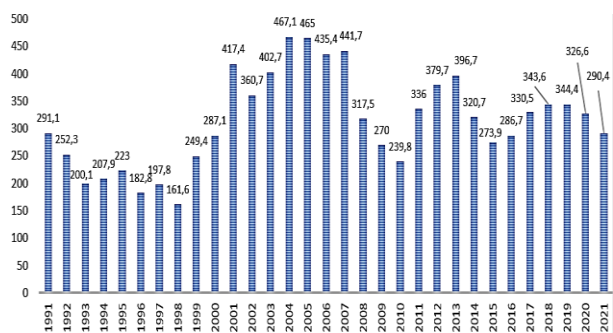


Рис. 1

С момента обретения независимости Казахстаном объем производства хлопка-сырца изменялся под действием ряда факторов: изменение урожайности, площади посева, засуха, конъюнктура мировых цен, цены на ГСМ, меры стимулирования в виде субсидий и налогов, другие факторы (рис. 1 – источник: [6]).

Хлопчатник – одно из немногих уникальных культур, все компоненты которого представляют собой ценный продукт. Семена хлопчатника являются сырьем для производства растительных масел, преобразователей ржавчины в машиностроении, растворов для бурения в нефтедобыче, лекарственных препаратов, кормов для животных и др. Стебли хлопчатника используются в производстве строительных материалов (табл. 1 – ассортимент продукции, получаемой из 1 тонны хлопка). Всего на основе хлопка можно изготовить около 200 наименований товаров [7].

Таблица 1

№	Наименование продукции	Выход продукта с 1 тонны хлопка
1	Волокно хлопковое	345 кг
2	Пряжа	281 кг
3	Ткани хлопчатобумажные	3500 кв. м
4	Масло хлопковое	113 кг
5	Мыло хозяйственное	172 кг
6	Глицерин	11 кг
7	Шрот	250 кг
8	Шелуха	190 кг
9	Спирт	25 л
10	Вата обыкновенная	13 кг
11	Вата гигроскопическая	10 кг

Между тем все эти годы почти все сырье перерабатывалось в волокно, 90% которого шло на экспорт, из остатка в небольшом объеме изготавливалась вата, пряжа, шрот, шелуха, масло, мыло и проч. Производителям выгоднее продать волокно, так как мировые цены устраивают. Динамика производства хлопка-сырца и волокна из него показывает одинаковые колебания, это видно, например, на отрезке времени 2010-2021 гг. (рис. 2 – динамика производства хлопка-волокна в Республике Казахстан: источники [6], [7]).

По статистике в среднем за год собирают около 300 тыс. тонн хлопка-сырца, и

только 4%, то есть около 12 тыс. тонн волокна, доводится до готовой продукции. На мировом рынке цена 1 кг хлопка-волокна составляет 1,65 долл.

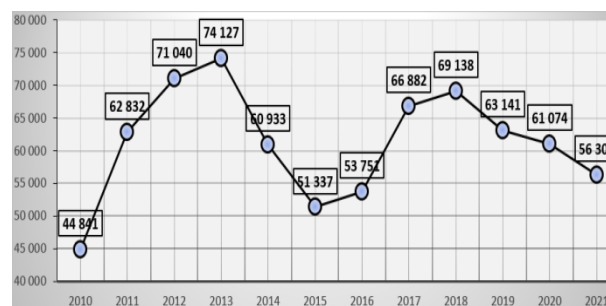


Рис. 2

На казахстанском рынке 1 м хлопчатобумажной ткани – от 250 тенге. При этом из 1 кг волокна усредненно можно произвести от 10 до 20 м ткани. Если учесть, что цена 10 м составит от 6,5 долл. (при цене 250 тг за 1 м), добавочная стоимость ткани может превысить стоимость волокна почти в 4 раза. Полный цикл переработки хлопка от выращивания до производства готовых текстильных изделий освоили "Азала Текстиль", "Azala Cotton", "АХБК-Каргалы", "Универсал Реклама" [7].

Казахстан продает за рубеж почти все хлопковое волокно, а импортирует хлопчатобумажные ткани. По данным Министерства торговли и интеграции Казахстана, сегодня основными импортерами являются Китай (39,4%), Россия (37,4%), Кыргызстан (5,2%), Италия (4,8%), Литва (4,4%), Турция (4,2%), Латвия (3,1%), Узбекистан (1,5%) [8].

Сегодня в Казахстане доля текстильного и швейного производства в общем объеме обрабатывающей промышленности составляет не более 0,2%. В объеме легкой промышленности основная доля приходится на текстильное производство – 51% (52,6 млрд. тенге) [6]. Доля этих отраслей в общем объеме производства промышленной продукции в развитых странах составляет 6-8%. Это позволяет странам формировать до 20% бюджета за счет отчислений от текстильной отрасли и производства одежды, а также обеспечивать наполнение внутреннего рынка на 75-85% продукцией собственного производства [8].

На начало 2021 г. в производстве текстильных изделий Казахстана было зарегистрировано 496 предприятий, из них 307 действующих [6, 7]. Основную долю текстильного производства в РК занимают предприятия Шымкента (36,3%) и Туркестанской области (22,4%). Как видно на рис. 3 (производство тканей в Республике Казахстан, 2010-2021 гг., источники: [6, 7]), за последние два года производство натуральных тканей, в том числе хлопчатобумажных, существенно выросло. Этому способствовала реализация программы индустриально-инвестиционного развития и импортозамещения. Между тем произ-

водство пряжи ненамного выросло (тыс. тонн): 2015 г. – 10805; 2016 г. – 5967; 2017 г. – 4142; 2018 г. – 4710; 2019 г. – 4475; 2020 г. – 46371; 2021 г. – 4800 [6, 7].

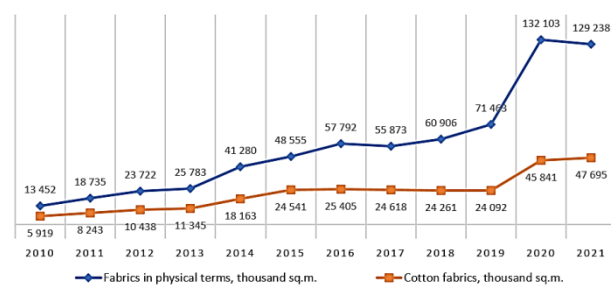


Рис. 3

Рост поставок дешевого импортного сырья и готовых текстильных изделий из Китая, Юго-Восточной Азии, Турции – это одна из причин ухудшения положения казахстанских текстильщиков. Другая причина – технологическая несостоятельность предприятий, большинство из них не могут осуществлять полный цикл производства готовых тканей для пошива текстильных изделий. Некоторые хлопкоперерабатывающие заводы на юге страны простаивают или работают не на полную мощность. При этом качество хлопка не удовлетворяет требованиям прядильного и ткацкого производств. Доля длиноволокнистого хлопка не так велика, на территории Казахстана он плохо произрастает из-за нехватки солнечного света. Поэтому длиноволокнистый хлопок закупается у стран-производителей хлопка.

К слаборазвитым компонентам текстильной промышленности Казахстана, требующим инвестиций, относятся устаревший парк оборудования, старые технологии, поддерживающие отрасль, внутренний рынок и экспорт. Отрасль не может конкурировать с иностранными фирмами, особенно после вступления Казахстана в ВТО, что приводит к потере отечественными предприятиями своих сегментов рынка внутри страны, а также проблемам в продвижении казахстанских товаров на рынки стран ЕАЭС. В результате либерализации торговли потребители имеют возможность выбирать иностранную продукцию, отечественные меры защиты недо-

статочны, чтобы противостоять конкуренции со стороны международных компаний, располагающих большим капиталом, обширными интеллектуальными ресурсами, каналами дистрибуции, известными брендами, более масштабными рынками сбыта. Казахстан имеет меньше всяких преференций, чем рынки ЕС, США, Японии, Китая, с точки зрения крупных поставщиков текстильной продукции – Бангладеш, Турция, Южная Корея, Италия и др. [9].

Перемещение производства текстиля из Европы в азиатские страны, где стоимость рабочей силы постепенно растет, влияет на себестоимость готовой продукции и формирует более высокие цены. Это ориентирует Казахстан на необходимость развивать собственное производство текстиля. При этом изменилась конъюнктура рынка, увеличился спрос на ткани улучшенных потребительских свойств и модного дизайна, доля которых в ассортименте отечественной продукции пока незначительна. Популярность натурального хлопка и повышение спроса на изделия из него относительно других волокон привели к росту потребления в мире.

В Казахстане основная часть текстильной продукции импортируется из-за рубежа (около 87% емкости рынка). Для формирования экономической безопасности страны объем внутреннего производства должен как минимум удовлетворять 30% внутреннего спроса. Хлопково-текстильная отрасль Казахстана имеет все шансы занять более высокую долю текстильного рынка страны. Ресурсообеспеченность отрасли определяется такими факторами, как благоприятные климатические условия для возделывания хлопка, годами сложившиеся профессиональные навыки местного населения, орошаемая пашня и имеющиеся производственные мощности хлопкоперерабатывающих предприятий. Близость потенциальных рынков сбыта производимой продукции создает дополнительные преимущества.

Посевные площади хлопчатника в 2021 г. занимали 131,2 тыс. га. По структуре доля крестьянских/фермерских хозяйств составляет 94,2%; остальное – сель-

хозпредприятия – 5,8% [7]. В настоящее время из 71 тысячи крестьянских хозяйств 41 тысяча, или 58%, занимается выращиванием хлопка-сырца, более 80% имеют земельные наделы от 5 до 10 га. Это крайне неэффективно, поскольку не позволяет соблюдать агротехнологии, использовать в полной мере интенсивные факторы (применение качественных семян, минеральных удобрений, средств защиты растений и т.д.).

По ряду вышеназванных причин показатели урожайности колеблются и остаются низкими (рис. 4 – урожайность хлопка-сырца за 1991-2021 гг., центнеров с 1 га, источники: [6], [7]). Самая низкая урожайность была в 1998 г., самая высокая – в 2013 г. Следует отметить, что в Узбекистане урожайность достигает 40 ц/га. Правда, там климатические условия более подходящие, к тому же семена элитные и хлопок тонковолокнистый.

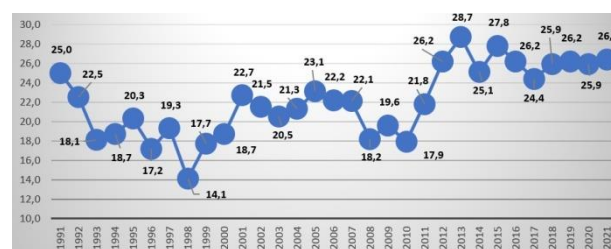


Рис. 4

Именно разрозненность существующих крестьянских хозяйств является одной из важных проблем, влияющих на эффективное развитие хлопково-текстильного кластера. В этой ситуации увеличение производства хлопка-сырца нам видится в повышении урожайности. Осуществление всех этих необходимых мероприятий по выращиванию хлопчатника возможно при объединении и укрупнении крестьянских хозяйств, поскольку мелкие земельные наделы не только не позволяют запустить технику в поле, но и элементарно скопить денег на покупку комбайна.

Быстро распространяющаяся идея кластерных инициатив по всему миру, очевидная их эффективность и результативность способствовали применению кластерной модели в текстильной промыш-

ленности Казахстана. Предполагалось, что компании, входящие в кластер, выиграют в конкурентной борьбе, имея возможность делиться положительным опытом и снижать затраты, совместно используя одни и те же услуги и поставщиков, что позволит обозначить это явление как синергетический эффект кластеров. Но это не привело к росту конкурентоспособности компаний отрасли. В связи с этим одним из эффективных направлений повышения привлекательности отрасли является создание инновационных интегрированных структур (ИИС) на базе имеющегося хлопково-текстильного кластера. В настоящее время экономическая среда кластера представляет собой множество субъектов экономики, которые осуществляют взаимодействие друг с другом на разных стадиях производства текстильных изделий, поэтому определить долю кластера довольно сложно, по нашим оценкам, это примерно 80% хлопковой продукции.

Вопрос в том, как интегрировать усилия всех хозяйствующих субъектов на выпуск конкурентной текстильной продукции с высокой добавленной стоимостью. Легкая промышленность значительно зависит от модных тенденций, которые формируют спрос. Поэтому субъекты легкой промышленности должны быть мобильными и способными оперативно реагировать на новые веяния моды и спроса.

Успех деятельности ИИС во многом зависит от эффективности взаимодействия с другими предприятиями на различных стадиях создания и продвижения конечного продукта или, другими словами, от эффективности вертикальной интеграции. Удачным примером вертикальной интеграции является компания, включающая ряд полных вертикальных звеньев производства с высоким уровнем концентрации управленческих, экономических и финансовых ресурсов, что позволяет эффективно распределять инвестиционные потоки между всеми направлениями деятельности и способствует достижению высоких показателей роста [10]. Акцент делается на экономической эффективности, рассматриваемой как сумма выигрышей продав-

цов и покупателей. Сельхозпредприятия, хлопкозаводы, входящие в ИИС, выигрывают в конкурентной борьбе, имея возможность делиться положительным опытом, снижать затраты на управление, маркетинг, совместно используя одни и те же услуги и поставщиков, т.е. достигается синергетический эффект.

Сегодня в сельском хозяйстве Казахстана существует такая цепочка: сбор урожая, его сортировка, упаковка, хранение, транспортировка и продажа сельхозпродукта. Мы предлагаем интеграцию на инновационной основе личных подсобных хозяйств (ЛПХ), крестьянских/фермерских хозяйств (КФХ), сельхозтоваропроизводителей (СХТП), производящих одни и те же товары или услуги (рис. 5 – вариант интегрированной инновационной структуры в хлопково-текстильной отрасли Казахстана). Участниками этого структурного формирования могут быть территориально разрозненные СХТП, не сумевшие в силу разных причин эффективно вести хозяйство, а также перерабатывающие, обслуживающие, торговые организации. Среди них могут быть как экономически сильные, заинтересованные в дальнейшем росте, в стабильных поставках сырья и упрочении своего положения предприятия, так и экономически зависимые, попавшие в сферу интересов первых хозяйств. Все хозяйства входят в интегрированную структуру со своим паем/долей в виде денег, земли, техники (ценные бумаги, иностранную валюту предлагаем не принимать).

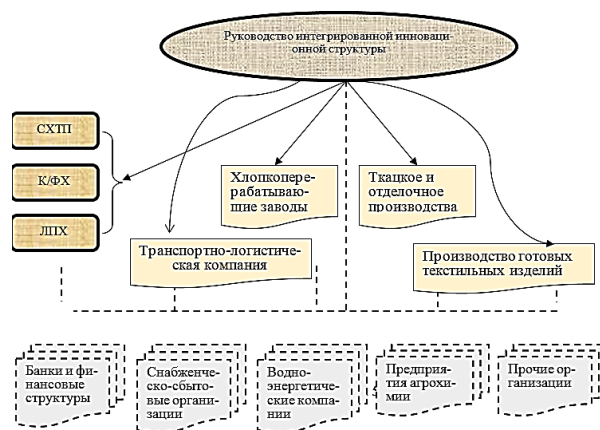


Рис. 5

В рекомендуемой структуре нет стремления к монополизации рынка, усилению контроля над этими хозяйствами, интеграция возможна только на добровольных началах, т.к. финансовая база этого – паи, вексель. Внутри ИИС предполагается хождение переводного векселя. Имуществом является рабочая акционерная собственность, что позволяет вести совместную деятельность на корпоративной основе при сохранении обособленности ее членов, сельских тружеников. Созданная структура будет занята эффективностью многопрофильного производства, снижением издержек и увеличением прибыли, а не слежением за конкурентами [11].

Распределение прибыли происходит по размеру пая из паевого фонда, все пайщики или хотя бы один член семьи от пайщика должен работать в созданной структуре, получать заработную плату как работник. Пайщики имеют право забрать свою долю прибыли или вложить в дальнейшее развитие предприятия. Такая система позволяет каждому пайщику быть заинтересованным в эффективной работе и контролировать администрацию хозяйства. В условиях рынка такие объединения позволяют обеспечить высокую скорость движения капитала между подразделениями хозяйства в целях быстрого насыщения рынка товаром. Сельхозпредприятия, КФХ, ЛПХ, перерабатывающие, агросервисные, торговые и другие предприятия, вошедшие в интегрированную структуру, могут руководствоваться Законом о сельскохозяйственной кооперации Республики Казахстан, что позволяет простым пайщикам/акционерам самим владеть контрольным пакетом доли имущества и полностью управлять предприятием.

В перспективе продуманно созданная ИИС сможет привлечь в сельское хозяйство значительный заемный капитал. Использование инвестиционных кредитов позволило бы приобретать сельскохозяйственную технику, оборудование, осуществлять строительство крупных агрокомплексов, решать проблемы обновления материально-технической базы. Так, турецкие бизнесмены предоставят казахстанским

фермерам 1000 тонн высококачественных семян хлопчатника на выгодных условиях. В результате объем глубокой переработки хлопка-волокна будет увеличен с 17 тыс. до 66 тыс. тонн. В Мактааральском районе в течение 5 лет будет создан хлопково-текстильный комплекс, включающий хлопкоперерабатывающий завод, логистический хаб, мощности по производству трикотажа, красильно-отделочную и швейную фабрики. В этом же районе планируется запустить в строй завод по производству хлопковой нити и пряжи. Уже в 2023 году на базе индустриальной зоны "Turkistan" запланирован запуск предприятия по изготовлению чулочно-носочных изделий и костюмов [12].

Реальность сегодняшнего дня показывает, что рыночные механизмы в сельском хозяйстве возможно запустить лишь при активной поддержке государства. Роль государства в первую очередь должна быть направлена на создание правовой и институциональной среды, способствующей конкурентоспособности экономики страны. В данном случае Правительство может лимитировать или даже исключить вхождение в отрасль такими методами, как лицензирование, техническое и таможенное регулирование, контроль за стандартами, технические барьеры в торговле, различные юридические формы защиты интеллектуальной собственности и др. Эффективны следующие меры господдержки: гранты для субъектов малого и среднего бизнеса, упрощение процедуры получения субсидий из бюджета, запрещение незаконного ввоза продукции легкой промышленности.

Следует отметить, на рынках ЕАЭС предприятия текстильной промышленности испытывают одинаковые трудности, связанные с острой необходимостью технической и технологической модернизации, повышения производительности труда. Для преодоления имеющихся проблем отрасль нуждается не только в поддержке со стороны своих государств, но и в формировании единых правил производства и распределения продукции в евразийском пространстве.

ВЫВОДЫ

1. Анализ показал, что в хлопково-текстильной отрасли Казахстана меры законодательного характера, экономические стимулы не сработали. Доля текстильного и швейного производства в объеме обрабатывающей промышленности составляет менее 1%. Около 90% хлопкового волокна идет на экспорт, остальные 10% перерабатываются предприятиями внутри страны. Из 496 предприятий только 62% действующих. Рост поставок дешевого импорта, технологическая несостоятельность предприятий, отсутствие полного цикла производства готовых текстильных изделий – главные причины плачевного положения казахстанских текстильщиков.

2. Созданная в свое время кластерная модель организации текстильной промышленности не оправдала ожиданий. Предполагалось, что входящие в кластер компании выигрывают в конкурентной борьбе, имея возможность делиться положительным опытом и снижать затраты, совместно используя одни и те же услуги и поставщиков, что позволит обозначить это явление как синергетический эффект кластеров.

3. Для исправления ситуации осуществляются меры государственной поддержки: реализуется Дорожная карта развития текстильной отрасли, в Государственной программе индустриально-инновационного развития РК на 2020-2025 годы предусмотрены планы по развитию легкой промышленности, в Предпринимательском кодексе заложено развитие сырьевой базы отрасли, запуск новых швейной и прядильно-ткацкой фабрик. Вместе с тем отечественные меры защиты отрасли недостаточны. Чтобы противостоять конкуренции мировых компаний с большим капиталом, интеллектуальными ресурсами, каналами дистрибуции, известными брендами, необходимо использовать инновационные формы хозяйствования.

4. Для развития собственного производства текстиля в Казахстане имеются благоприятные условия для выращивания хлопка, годами сложившиеся профессиональные навыки местного населения, оро-

шаемая пашня, производственные мощности хлопкоперерабатывающих предприятий. Интеграция усилий разрозненных сельхозпроизводителей, множества субъектов экономики, которые осуществляют взаимодействие друг с другом на разных стадиях производства текстильных изделий, возможна путем создания интегрированной инновационной структуры, которая построена по принципу рабочей акционерной собственности, ориентирована на совместную деятельность на корпоративной основе при сохранении обособленности ее членов. Это позволит реагировать на новые веяния моды и спроса, снижать затраты на управление, маркетинг, совместно используя одни и те же услуги и поставщиков, т.е. будет достигнут синергетический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Казахстан "О развитии хлопковой отрасли" от 21.07.2007 г. №298 (утратил силу) https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z070000298_/links
2. *Толыкбекова А.* Состояние текстильной промышленности в Казахстане. Перспективы развития. АО "Казахстанский центр индустрии и экспорта "QazIndustry"". 27.09.2019. <https://qazindustry.gov.kz/kk/article/sostoyanie-tekstilnoi-promyshlennosti-a-kazahstane-perspektivy-razvitiya>
3. Распоряжение Премьер-министра Республики Казахстан от 24.02.2020 № 38-р "Об утверждении Дорожной карты по созданию хлопково-текстильного кластера". <https://online.zakon.kz/Document/?doc>
4. Предпринимательский кодекс Республики Казахстан от 29.10.2015 № 375-V ЗРК (изм. на 12.01.2023).
5. Государственная программа индустриально-инновационного развития РК на 2020-2025 годы (постановление Правительства РК от 31.12.2019 № 1050).
6. Основные социально-экономические показатели Республики Казахстан 1991-2021 <https://www.google.com/search?q=%D0%A1%D0%AD%D0%A0+1991-2021&oq=%D0%A1%>
7. Сайт Департамента предпринимательства и индустриально-инновационного развития Туркестанской области. <http://ontustik.gov.kz/ru/kategoriya/deyatelnost-upravleniya>
8. Kazakhstan in 2021 (2022) Section "International comparisons" Statistical Yearbook, Astana, p.508 <https://www.e-gov.kz>
9. Отчет о промышленном развитии–2021. Будущее индустриализации в постпандемийном мире. Обзор ООН по промышленному развитию, 2022.
10. *Мочалов Д.С.* Вертикальная интеграция:

стратегические выгоды и негативные последствия. Аналитика. 2018. Вып. №31. С.55-65.

11. *Красникова Е.В., Хаматханова А.М.* Акционерная собственность как фактор долголетия капитализма: монография. М., 2018. 185 с.

12. Сайт компании "Kapital.kz" <https://kapital.kz/economic/91277/v-kazakhstan-sobrali-316-tysyach-tonn-khlopka-syrtsa.html>

REFERENCES

1. Law of the Republic of Kazakhstan "On the development of the cotton industry". July 21, 2007 No. 298 (repealed) https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z070000298_/links

2. *Tolykbekova A.* State of the textile industry in Kazakhstan. Development prospects. JSC "Kazakhstan Center for Industry and Export "QazIndustry"". 09/27/2019.

<https://qazindustry.gov.kz/kk/article/sostoyanie-tekstilnoi-promyshlennosti-a-kazakhstan-perspektivy-razvitiya>

3. Decree of the Prime Minister of the Republic of Kazakhstan dated February 24, 2020 No. 38-r "On Approval of the Roadmap for the Creation of a Cotton-Textile Cluster". <https://online.zakon.kz/Document/?doc>

4. Entrepreneurial Code of the Republic of Kazakhstan dated October 29, 2015 No. 375-V ZRK (amended on January 12, 2023).

5. State program of industrial and innovative development of the Republic of Kazakhstan for 2020-

2025 (Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 31, 2019 No. 1050).

6. Main socio-economic indicators of the Republic of Kazakhstan 1991-2021 <https://www.google.com/search?q=%D0%A1%D0%AD%D0%A0+1991-2021&oq=%D0%A1%20%D0%AD%D0%A0>

7. Website of the Department of Entrepreneurship and Industrial and Innovative Development of the Turkestan Region. <http://ontustik.gov.kz/ru/kategorii/deyatelnost-upravleniya>

8. Kazakhstan in 2021 (2022) Section "International comparisons" Statistical Yearbook, Astana, p.508 <https://www.e-gov.kz>

9. Industrial Development Report 2021. The future of industrialization in a post-pandemic world. United Nations Industrial Development Survey 2022.

10. *Mochalov D.S.* Vertical integration: strategic benefits and implications. Analytics. Issue No. 31, 2018. P.55-65.

11. *Krasnikova E.V., Khamatkhanova A.M.* Shareholding property as a factor in the longevity of capitalism. Monograph. M., 2018. 185 p.

12. Website of the company "Kapital.kz" <https://kapital.kz/economic/91277/v-kazakhstan-sobrali-316-tysyach-tonn-khlopka-syrtsa.html>

Рекомендована кафедрой международного туризма и сервиса Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова. Поступила 27.02.23.

УДК 338.45.01

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_67

MODELING OF PREREQUISITES FOR COOPERATION BETWEEN LIGHT INDUSTRY AND SCIENTIFIC ORGANIZATIONS IN THE FORMATION OF THE PRODUCTION PROGRAM

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПОСЫЛОК КООПЕРАЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ

A.T. MERGENBAYEVA, G.I. ABDIKERIMOVA, D.A. KULANOVA, G.U. BEKMANOVA

A.T. МЕРГЕНБАЕВА, Г.И. АБДИКЕРИМОВА, Д.А. КУЛАНОВА, Г.У. БЕКМАНОВА

(Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan)

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

E-mail: abdikerimova71@mail.ru, k_dana_a@mail.ru

The formation of the production program of light industry enterprises in conditions of end-to-end digitalization of economic processes and transactions, accelerated information diffusion associated with the development of digital platforms, social networks - is associated with the need for accelerated revision and updating of its composition in terms of updating the product range. In this regard, there is a need to attract external creative resources aimed at developing and updating the production program of industrial enterprises through mechanisms of cross-organizational interaction.

The purpose of the study is to develop scientifically based approaches and tools for the formation of a production program at light industry enterprises based on interaction with partners - scientific and educational organizations.

The scientific novelty of the research lies in the development of scientifically-based organizational solutions for the formation of a production program at light industry enterprises using interaction with partners – scientific and educational organizations.

Формирование производственной программы предприятий легкой промышленности в условиях сквозной цифровизации экономических процессов и транзакций, ускоренной информационной диффузии, развития цифровых платформ, социальных сетей связано с необходимостью скорейшего пересмотра и обновления ее состава с точки зрения обновления выпускаемой номенклатуры продукции. В этой связи возникает потребность привлечения внешних креативных ресурсов, направленных на разработку и обновление производственной программы предприятий промышленности через механизмы кросс-организационного взаимодействия.

Научная новизна исследования заключается в разработке научно обоснованных организационных решений по формированию производственной программы на предприятиях легкой промышленности с использованием взаимодействия с партнерами – научно-образовательными организациями.

Keywords: light industry, cooperation, scientific and educational organizations, production program, development prospects.

Ключевые слова: легкая промышленность, кооперация, научно-образовательные организации, производственная программа, перспективы развития.

Introduction. In the era of transformation of all spheres of economic activity, there is an imbalance in the management mechanisms of light industry enterprises, which has both scientific and practical significance in modern conditions when planning assortment policy and developing new types of products at the enterprise. This is difficult to implement without the systematic formation of new levers for launching a production program at domestic enterprises, which determines the efficiency of the entire enterprise in conditions of fierce competition and uncertainty of consumer demand for new goods.

A competent management system of the production program makes it possible to improve the efficiency of the enterprise, and reflects the close relationship between the strategy and decisions of all structural units of the company and the areas of logistics, personnel and financial support.

The increase in the market value of an economic entity, as well as the increase in the efficiency of enterprise management, both contribute to the continuous improvement of the management system of the production program, determined by the structuring of the management activities of the economic entity.

Today, the tasks of rational development and efficiency of the formation, implementation and use of the production program of textile industry entities, affecting the stability of financial and economic activity in conditions of risk and uncertainty, are particularly relevant.

Research methods. The methodological basis of the research is the works and scientific and methodological developments of domestic and foreign researchers in the field of production organization, organization economics and production management, as well as scientific publications and time-based publications.

The main methods used in the study: expert assessment methods, theoretical methods, survey methods and brainstorming methods.

Results and discussion. Today, cooperation between industrial enterprises and scientific and educational organizations is taking on more diverse forms. This is due to the need for constant updating of industrial production in accordance with the requirements of market demand.

Due to the crisis phenomena in the world economy, Kazakhstan assumes the support of domestic producers of products, which is impossible without the transition of the economy to a new course of development.

As part of our research, we have reviewed and analyzed the dynamics of indicators of the textile industry in the Republic of Kazakhstan.

The development of light industry in Kazakhstan is one of the priority directions today, since the industry has social significance, providing high employment of the population [1, 2, 3]. Today, the Government of Kazakhstan is implementing a number of measures to support the domestic light industry: free economic zones, preferential taxation and lending, quotas and grants for training, public investments.

The light industry of Kazakhstan has 1044 enterprises. It employs 12.7 thousand people.

In 2022, the volume of light industry production increased by 18.9% and amounted to 87.5 billion tenge. The growth is observed in the production of textiles by 23,7% and clothing by 7,5%.

In the production of light industry products in 2022, the main share falls on textile production - 53% (46.1 billion tenge), followed by the production of clothing with a share of 37% (32.8 billion tenge) and the production of leather and related products with a share of 10% (8.6 billion tenge) [4].

The trade turnover of Kazakhstan's light industry in 2022 amounted to \$1.3 billion, an increase of 14.5% compared to the same period last year.

According to the Ministry of Industry and Infrastructure Development, for 11 months there has been an increase in import flows in all sub-sectors: in the production of clothing

by 34%, in textile products by 13% and in the segment of leather, leather products by 35%. At the same time, the main share of imports, as a rule, consists of shoes, men's and women's clothing, T-shirts, sweatshirts, valises, suitcases, handbags, suitcases and hosiery. If men's and women's clothing is mainly supplied from China, Turkey, Russia, Italy, then shoes and outerwear are from China and Russia, valises, suitcases, handbags-suitcases - from China, Russia, Italy and France.

Of course, the reason for the high demand for imported products is the low price. In this aspect, domestic manufacturers cannot compete with foreign products. After all, domestic enterprises have a need for raw materials of a certain quality and for raw materials that are not produced in Kazakhstan. Thus, the final product becomes more expensive [5, 6].

Export of light industry products: 30 enterprises enter the foreign market.

The volume of exports of light industry products in 2022 shows growth. An increase in export supplies is observed in the production of textiles by 21.5% and in the production of clothing by 12%.

The main export items in 2022 were cotton fiber, textile materials impregnated, coated or duplicated with plastics, bed linen. The main volume of exports of cotton fiber - to China, Moldova, Latvia, textile materials were carried out to China and Russia, bed linen - to Russia.

In Kazakhstan, only 30 light industry enterprises enter the foreign market. In general, about 10% of the volume of light industry is exported [7, 8].

According to the Ministry of Trade and Integration, today the main export markets are China (39,4%), Russia (37,4%), Kyrgyzstan (5,2%), Italy (4,8%), Lithuania (4,4%), Uzbekistan (1,5%).

There is an increase in exports of such goods as: bags and packaging bags made of textile materials - by 98%, bed linen, table, toilet and kitchen linen - by 21,8%; nonwovens - an increase of 4,5 times, other shoes with soles and uppers made of rubber or plastic - an increase of 4,9 times; hosierysocks - by 44,5% [4].

The Government annually provides budgetary funds for the provision of service support. So, according to the results of 3 months of this year, such measures were provided to 16 light industry companies (this is reimbursement of costs associated with participation in trade missions, exhibitions, forums). Expenses incurred by enterprises for advertising, rental of premises, warehouses, certification are also reimbursed. At the same time, the Ministry of Trade and Integration provides for reimbursement of up to 50% of transport costs to Kazakhstani companies supplying processed goods for export. This mechanism will allow Kazakh exporters to reduce the cost of production by up to 10%, as well as expand the geography of exports and the range of goods.

Since 2020, MTI RK together with Qaz-Trade has launched an export acceleration program aimed at supporting enterprises from production to the shelves of foreign countries. The target group of the program were food and light industry enterprises. Currently, the training of personnel with higher and post-graduate education for the light industry is carried out by 8 higher educational institutions within the specialties "technology and design of light industry products", "technology and design of textile materials": M. Auezov South Kazakhstan University, M. H. Taraz State University. Dulati, Semipalatinsk State University named after Shakarima, Rudn Industrial Institute, Almaty Technological University, Kazakh University of Technology and Business, Almaty University, Bolashak University.

In the 2021-2022 academic year, the enrollment was 501 people. The amount of the allocated grant for training personnel for this field is 467.

In addition, in the specialty "Technology and design of light industry products", the number of graduates of the 2021-2022 academic year in the bachelor's degree is 386, in the master's degree – 14 (10 of them by state order), in the PhD doctoral program – 1 person.

In the specialty "Technology and design of textile materials", the number of graduates of the 2021-2022 academic year in bachelor's degree is 82 (79 of them by state order), mas-

ter's degree – 10 (10 of them by state order), PhD – 2 people.

The above-mentioned higher educational institutions have identified bases for professional practice and internship of students in the relevant specialties: knitting factory of JSC "Altex", LLP "AZALA Textile", LLP "Cashmere", LLP "Mimioriki", LLP "Semipalatinsk leather and Fur Combine", LLP "Murager" (Semey), sewing factory "Educational and production enterprise of the Kazakh Society of the Deaf" (Kostanay), LLP "Production and innovation Company" ASTANAANA Ltd (Astana), LLP "Tarazbylgaryetik", LLP "Fiberglass pipe Plant", hosiery factory "Bota".

Personnel training in the field of light industry is conducted in 89 educational institutions of technical and vocational education in 6 specialties and 11 qualifications.

The contingent of students in the field of light industry in educational institutions of type - 9614 people, including 9189 people by state order. In the context of specialties:

Processing technology of fibrous materials - 90 people, by state order - 90 people;

Technology of production of leather and sheep products - 16 people;

Garment industry and clothing modeling - 9222 people, by state order - 8928 people;

Textile production - 171 people, by state order - 171 people;

Technology of knitted, textile, haberdashery products - 25 people.

An industry council for the development of technical and vocational education and training in light industry has been established.

Taking into account the projects of the state program of industrial and innovative development of the country, professional standards for priority specialties of light industry have been developed. An independent specialized center has been established to assess and assign qualifications to graduates of technical and vocational education in light industry.

The state mandatory standard of technical and vocational education provides for an increase in practice, which will allow educational institutions to independently change the content of 50% of educational programs [9, 10].

Relations with the National Chamber of Entrepreneurs of the Republic of Kazakhstan "Atameken", regional chambers of entrepreneurs, employers' associations, associations of colleges of the Republic of Kazakhstan are developing for the organization of professional practice and industrial training.

Indicators of innovation and investment activity reflect the readiness of industrial enterprises to introduce new technologies, the

reorientation of production to the manufacture of new materials, the creation of cooperatives, including in cooperation with research organizations. Tables 1-3 analyze the dynamics of indicators of innovation and investment activity of textile industry enterprises, including the share of innovative developments, cooperation in research, based on data published in the innovation activity indicator for 2017-2022.

Table 1

Indicators		Year					
		2017	2018	2019	2020	2021	2022
The share of technological innovation costs in the total volume of goods shipped, works performed, services, %		9,7	8,1	1,2	0,8	0,6	0,4
The share of costs for technological, marketing, organizational innovations in the total volume of goods shipped, works performed, services, %		0,6	0,2	1,2	0,8	0,1	-
The proportion of employees who carried out research and development in the total number of employees of organizations that carried out technological innovations, by type of economic activity, %		0,5	0,5	1,0	1,2	1,1	1,9
The share of innovative goods, works, services in the total volume of goods shipped, works performed, services by the level of novelty and types of economic activity	newly introduced or subjected to significant technological changes	2,3	2,2	5,6	5,3	3,7	2,8
	subjected to improvement	0,6	0,3	0,8	0,8	0,6	0,5
Index of the physical volume of investments in fixed assets aimed at reconstruction and modernization by type of economic activity in the Republic of Kazakhstan (in shares compared to the previous year)		1,29	2,2	0,61	2,4	0,83	-

Note: compiled by the authors according to the Bureau of National Statistics.

During the period under review, there has been a decrease in the share of expenditures on technological innovations in the total volume of goods shipped in 2018 compared to previous periods. In 2017-2018, there were the lowest indicators of the share relative to the total number of employees of the enterprise, and in 2022, the highest among em-

ployees who are engaged in research and development, as well as engaged in the implementation of technological innovations. Data analysis allows us to conclude that enterprises are uncertain and unprepared for independent measures for the development and implementation of innovative developments, which is associated with the emergence of additional risks.

Table 2

Year	The proportion of employees who carried out research and development in the total number of employees of organizations that carried out technological innovations, %	The share of technological innovation costs in the total volume of goods shipped, works performed, services, %
2017	0,5	0,6
2018	0,5	0,1
2019	1	1,2
2020	1,2	0,8
2021	1,1	0,6
2022	1,9	0,4

Note: compiled by the authors according to the Bureau of National Statistics.

The share of employees performing research and development, despite some growth, remains insignificant, while there is no increase in research and development costs, which is a factor limiting the research and innovation potential of enterprises, which forces them to focus mainly on external resources in the development strategy of the production program, where 2 sources are currently viewed: engineering companies (mostly foreign), whose

availability is reduced in the conditions of sanctions for Kazakhstani enterprises, or domestic scientific and scientific educational organizations. It should be noted, at the same time, the share of expenditures on technological innovations in the total volume of goods shipped, works performed, services for 2022 did not suffer significant changes compared to 2017.

Table 3

Year	Newly introduced or subjected to significant technological changes, %	Subjected to improvement, %
2017	2,8	0,1
2018	0,8	0,1
2019	5,6	0,3
2020	5,3	0,8
2021	4,3	3,7
2022	2,8	0,5

Note: compiled by the authors according to the Bureau of National Statistics.

These data clearly indicate the existence of the interest of enterprises in the development of new technologies, which is necessary to increase competitiveness, however, creative and research resources are needed for the formation of the assortment and inclusion in the production program, which enterprises do not have.

During the period under review, there has been a slight increase in the interest of textile enterprises in cooperation in the research and development of new projects, but instability is noticeable.

The most innovative and active organizations in the textile market today are enterpris-

es that produce non-woven materials and fabrics for special and technical purposes [8, 10].

In this case, it is proposed to consider the practical activities of modern domestic light industry enterprises in the development of a new product range. Currently, enterprises engaged in innovative activities are creating projects related to interaction with scientific and educational organizations, this trend is increasing. Tables 4 and 5 show the dynamics of indicators by types of cooperative interaction and types of economic activity.

Table 4

Distribution of organizations involved in joint projects by types of cooperative ties, %	Year					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Constant cooperation	25	66,7	75	50	100	33,3
Cooperation within the framework of the project	75	33,3	25	25	0	66,7
One-time, informal cooperation, not related to a specific project	0	0	0	25	0	0

Note: compiled by the authors according to the Bureau of National Statistics.

Table 5

Distribution of organizations involved in joint projects by type of partners, %	Year					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Organizations in the group that the organization belongs to	0	33,3	25	0	0	16,7
Consumers of goods, works and services	25	66,7	50	12	12,5	33,3
Suppliers of equipment, materials, components, software	50	66,7	75	82,5	68,7	16,7
Competitors in the industry	0	33,3	50	5,9	6,3	16,7
Consulting and information firms	0	0	25	0	6,3	0
Scientific organizations	0	33,3	25	12	12,5	50
Educational organizations of higher education	50	33,3	25	5,9	12,5	16,7

Note: compiled by the authors according to the Bureau of National Statistics.

The events of recent years indicate an increased interest in the partnership of enterprises with representatives of Scientific and educational organizations, including indirectly through equipment suppliers, but the trend is unstable, which indicates the search for universal solutions to maximize benefits.

Conclusion. Thus, the development of mechanisms of cooperation of light industry enterprises with representatives of scientific and educational organizations is a promising direction. Innovative development of the production program is expensive and requires additional time, so the main prospects fall on cross-organizational interaction and the involvement of external resources of scientific and educational organizations.

Joint interaction of enterprises with scientific and educational organizations allows to form a production program based on mutually beneficial partnership, thereby reducing the time and organizational risks of the life cycle of innovative joint solutions implemented. This form functions by creating a temporary or permanent cross-functional and inter-organizational team between an industrial enterprise and a scientific and educational organization.

Based on the above analysis, the following variants of business models of organizational interaction between an enterprise and a scientific and educational organization can be determined:

- custom development
- collaborative development model (permanent or one-time);
- a model (or models) of initiative development by a scientific and educational organization, including:
 - within the framework of regular research and development work,
 - within the framework of competitive activities,
 - a model for providing access to developments by subscription.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pringleand Thompson M. Brand Spirit. John Wiley and Sons [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.economics.studio> (дата обращения: 15.07.2015).

2. Schuller A.M. Kunden auf der Flucht? Wie Sie loyale Kunden gewinnen und halten. Zurich, 2011.

3. Peppers D. Trast Stakes its Claim to Customer Value / D. Peppers // 1tol Magazine. 2004 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://1tol.com> (дата обращения: 04.05.2015).

4. Статистический бюллетень "Основные показатели работы промышленности Республики Казахстан", январь-декабрь 2019-2020 гг., январь-сентябрь 2020 г. Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан.

5. Аймен А.Т., Аташева Д.О., Хажгалиева Д.М., Амирова Г., Сулейменова И. Опыт зарубежных стран в развитии легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 2.

6. Яковенко Н.В. Текстильная промышленность депрессивного региона: социально-экономические тенденции (Ивановская область) // Вестник ВГУ. Серия: география, геоэкология. 2016. № 1. С. 44...50.

7. Легпром завтра [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://expert.ru/siberia/2021/03/legprom-zavtra/> (дата обращения: 04.02.2022).

7. Бижанов А.Х., Исмагамбетов Т.Т. Формирование казахстанской идентичности как фактор обеспечения стабильности в Республике Казахстан // Аль-Фараби. 2019. №1. С. 34...48.

8. Рекомендация Коллегии Евразийской экономической комиссии. О реализации совместных кооперационных и (или) инвестиционных проектов в сфере легкой промышленности государствами – членами Евразийского экономического союза: утв. 13 декабря 2016 года, № 27.

9. Есиркепова А.М., Иманбаев А.А., Тайбек Ж.К., Еркебалаева В.З., Исаева Г.К. Приоритетные рыночные ниши на мировом рынке для продукции легкой промышленности Республики Казахстан // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №1. С. 112...120.

10. Марденова Л.М. Анализ современного состояния легкой промышленности Республики Казахстан // Евразийское Научное Объединение. 2019. №11-4. С. 299...302.

REFERENCES

1. Pringleand Thompson M. Brand Spirit. John Wiley and Sons [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.economics.studio> (data obrashhenija: 15.07.2015).

2. Schuller A.M. Kunden auf der Flucht? Wie Sie loyale Kunden gewinnen und halten. Zurich, 2011.

3. Peppers D. Trast Stakes its Claim to Customer Value / D. Peppers // 1tol Magazine. 2004 [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://1tol.com> (data obrashhenija: 04.05.2015).

4. Statisticheskij bjulleten' "Osnovnye pokazateli raboty promyshlennosti Respubliki Kazahstan", janvar'-dekabr' 2019-2020 gg., janvar'-sentjabr' 2020 g. Komitet po statistike Ministerstva nacional'noj jekonomiki Respubliki Kazahstan.

5. Ajmen A.T., Atasheva D.O., Hazhgalieva D.M., Amirova G., Sulejmenova I. Opyt zarubezhnyh stran v razviti legkoj promyshlennosti // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. № 2.

6. Jakovenko N.V. Tekstil'naja promyshlennost' depressivnogo regiona: social'no-jekonomicheskie tendencii (Ivanovskaja oblast') // Vestnik VGU, Serija: geografija, geojekologija. 2016. № 1. S. 44...50.

7. Legprom zavtra [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://expert.ru/siberia/2021/03/legprom-zavtra/> (data obrashhenija: 04.02.2022).

7. Bizhanov A.H., Ismagambetov T.T. Formirovanie kazhastanskoy identichnosti kak faktor obespechenija stabil'nosti v Respublike Kazahstan // Al'-Farabi. 2019. №1. S. 34...48.

8. Rekomendacija Kollegii Evrazijskoj jekonomicheskoy komissii. O realizacii sovместnyh kooperacionnyh i (ili) investicionnyh proektov v sfere

legkoj promyshlennosti gosudarstvami – chlenami Evrazijskogo jekonomicheskogo sojuza: utv. 13 dekabnja 2016 goda, № 27.

9. Esirkepova A.M., Imanbaev A.A., Tajbek Zh.K., Erkebalaeva V.Z., Isaeva G.K. Prioritetnye rynochnye nishi na mirovom rynke dlja produkcii legkoj promyshlennosti Respubliki Kazahstan // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. №1. S. 112...120.

10. Mardenova L.M. Analiz sovremennogo sostojanija legkoj promyshlennosti Respubliki Kazahstan //Evrazijskoe Nauchnoe Obedinenie. 2019. №11-4. S. 299...302.

Рекомендована кафедрой экономической теории Южно-Казакстанского университета им. М. Ауезова. Поступила 13.03.23.

УДК 339.1

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_74

КРИТИЧЕСКОЕ ОТНОШЕНИЕ К ТЕХНОПАРКАМ

CRITICAL ATTITUDE TO TECHNOLOGY PARKS

Ю.П. ГУСЕЙНОВ, Г.Р. МАМЕДОВА, М.И. АХМЕДОВА, А.М. АЛЛАХВЕРДИЕВА,
Ш.С. АЛИЗАДЕ, А.Т. АСКЕРОВ

Y.R. HUSEYNOV, G.R. MAMMADOVA, M.I. AHMADOVA, A.M. ALLAHVERSİYEVA,
SH.S. ALİZADE, A.T. ASKEROV

(Азербайджанский технологический университет)

(Azerbaijan technological university)

E-mail: yusif.guseynov.99@bk.ru; memmedova.qalibe@inbox.ru;
matanat.axmedova74@gmail.com; a.allahverdiyeva@uteca.edu.az;
alizadeh.shakir@gmail.com; arzu.asgarov96@gmail.com

В статье выясняется основная цель создания технопарков, его связь с академическим персоналом высших учебных заведений и ориентированные на исследование и развитие с целью повышения сотрудничества между университетами, промышленными, исследовательскими центрами, предпринимателями и рынками, облегчения передачи знаний и технологий. Кроме этого, взглядом изнутри ведется критический обзор технопарков с целью обращения уязвимостей технопарков в возможности.

The article reveals the main goal of creating technology parks, its connection with the academic staff of higher educational institutions and focused on research and development in order to increase cooperation between universities, industrial, research centers, entrepreneurs and markets, and facilitate the transfer of knowledge and technology. In addition, a look from the inside is a critical review of technology parks in order to turn the vulnerabilities of technology parks into capabilities.

Ключевые слова: технопарк, инновации, критика, стратегия, научно-технологический подход, университет, бизнес-инкубатор.

Keywords: technology park, innovation, criticism, strategy, scientific and technological approach, university, business incubator.

В настоящее время инновативно ориентированная экономика считается наиболее динамичным и высокодоходным направлением. Глядя на историю, мы видим, что самые передовые экономики мира – это те, что быстрее всего адаптируются к инновациям. Поэтому стратегия перехода экономики Азербайджана как экспортера сырья к экономике на основе науки и инноваций актуальна [1].

Создание конкурентоспособных продуктов и услуг может быть связано с внедрением в эти процессы большего количества инноваций. С точки зрения развития экономики, населения и территориальных показателей мы находимся в менее благоприятном положении, чем те страны, которые нас окружают на мировом рынке. Поэтому наш единственный путь – уделить больше внимания научно-технологическим подходам и превратить эту уязвимость в возможность [2].

Технопарки – это организации, оказывающие влияние на производство передовых технологических продуктов и услуг, ориентированные на исследование и развитие, повышение сотрудничества между университетами, промышленными, исследовательскими центрами, предпринимателями и рынками, облегчение передачи знаний и технологий [3]. Технологические изобретения, полученные от технопарка, создают каталитическую инкубаторную среду, в которой проводятся исследования с целью их внедрения в производство. Технопарк предоставляет академической среде возможность начать работу по коммерциализации исследований, без которой трудно было бы построить множество фирм академического происхождения.

Технопарк стал положительным фактором для развития и обновления исследовательской сферы университетов в направлении ее коммерциализации [4]. Иначе говоря, основной целью технопарков является

превращение знаний и изобретений в технологии, а технологий в коммерческий продукт, повышение эффективности национальных затрат, направленных на исследования, передача технологий в индустрию через сектор малого предпринимательства, формирование наукоемких предприятий и их размещение на рынке, поддержка наукоемкого бизнеса, структурная перестройка промышленности, снижение региональной геодезии, частичное решение проблемы занятости, быстрое внедрение научно-технических достижений в области высоких технологий [5]. Технопарки также преследуют цели усиления индустриальных отраслей, которые развиваются на основе высоких технологий, поддержки развития промышленности в новых регионах, осуществления инновационной деятельности, повышения эффективности образования и научно-технической деятельности, повышения конкурентоспособности на международной арене.

Обобщая, можно сказать, что технопарки являются научно-производственным комплексом, в котором формируется максимально благоприятная среда для развития инновационных компаний малого и среднего класса, и в основном занимаются организацией превращения результатов научной деятельности в продукцию и выведения ее на рынок.

Другими словами, технопарки – это структуры, которые быстро развивают человеческий капитал, занимаются высокими технологиями [6]. Такие структуры могут действовать активнее, когда они входят в университеты [7]. Одной из их функций является поддержка студентов в реализации социальных, бизнес- и образовательных идей. Технопарк также оказывает техническую и организационную поддержку многим соревнованиям. Так, впервые в Азербайджане состоялся конкурс

"Game Jam hackathon", в рамках которого были проведены тренировки студентов в области разработки 3D-игр [8].

Политика деятельности технопарка заключается в раскрытии, организации поддержки и коммерциализации инновационных идей студентов университета. Для этого каждая идея студентов оценивается во всех аспектах с профессиональной точки зрения командой ученых и профессионалов.

Пересадка существующих проектов, технологий на новую почву при совершенно других условиях может привести и к отрицательному результату [9...11]. Чтобы избежать возможной участи, необходимо критически отнестись к существующим технопаркам, а также оценить применение новых идей. Ведь нет гарантий того, что создание технопарка в университете не может привести к трате финансов и времени. Кремниевая долина – яркий пример стихийного создания технопарка, именно она является аккумулятором мировой информационной индустрии. На примере США все страны с нормальной системой образования строят технопарки в вузах. Они могут быть разных масштабов: и гигантские, как, например, в Пекине, Шанхае, и малые университетские технопарки, а также бизнес-инкубаторы [12, 13]. При всей этой разнице существует 4 обязательных условия, соблюдение которых дает возможность нормального функционирования технопарков любых размеров [14]. Перечислим их:

- наличие научно-технического персонала;
- правильно устроенная инфраструктура;
- обустроенная коммуникация;

- общественно-социальная атмосфера.

Необходимо отметить отличительную черту американских технопарков. Основная их цель – создание в единой оболочке системы, обеспечивающей сбор, хранение, обработку и передачу информации, предназначенной для выполнения функций управления через комплекс организационных, технических, программных и информационных средств. Многочисленные ученые-специалисты разных профилей и разных университетов, организаций, учреждений функционируют в рамках выполняемых проектов [15]. Перечисленные выше 4 условия являются основой для максимальной интеллектуальной отдачи кадров.

Перед тем как критиковать технопарки, необходимо изучить функционирование, финансирование, а также инновационную деятельность технопарков. Условно весь этот процесс можно разделить на 3 этапа финансирования (рис. 1):

- научно-исследовательский;
- опытно-конструкторский;
- производственный.

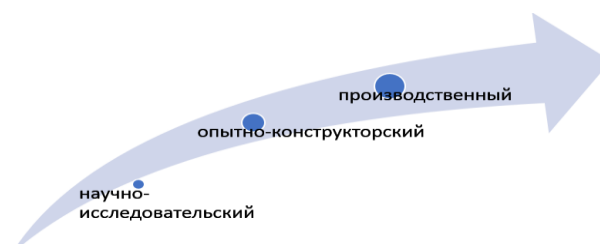


Рис. 1

Для большей информативности графически изобразим инновационную деятельность каждого этапа финансирования (рис. 2).

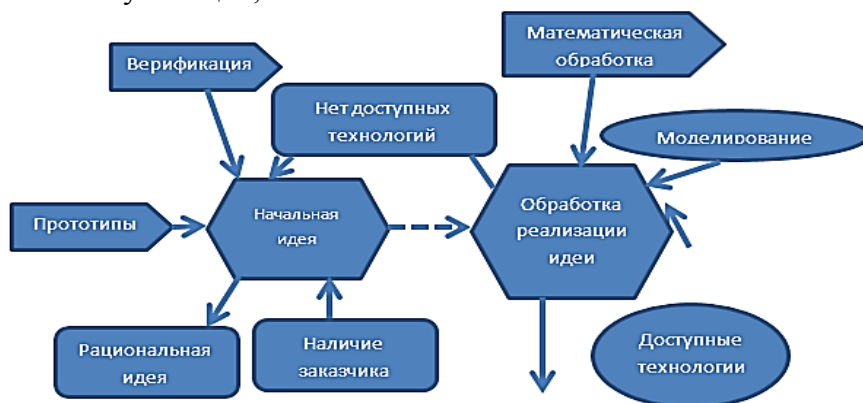


Рис. 2

Как видно из предложенной схемы, в первую очередь идея должна быть разработана и проанализирована, точнее, ее необходимо сравнить с существующими прототипами. Затем ведется поиск будущих клиентов с условием, что разработка идеи дала положительный результат, т.е.



Рис. 3

Иначе говоря, проект начинается не по приказу сверху, а с идеи отдельного учебного или же группы специалистов. Согласно условиям рыночной экономики идея может начаться в одном месте, а реализоваться в другом. Также возможно проведение пилотных проектов [16, 17]. Инициатором в таком случае в основном бывают государственные структуры, которые объявляют тендеры на проведение научно-технических разработок или же исследовательских работ подобного рода. В реальности возможно появление разных ослож-

нений, но в любом случае финансирование должно последовательно пройти все три этапа.

На третьем этапе (рис. 4) параллельно проводятся тесно связанные между собой маркетинговая и техническая линии проведения проекта. Отрицательный результат в одной из этих линий автоматически блокирует параллельную линию [18]. Также на любом этапе или ступени этапа возможно приостановление проекта при желании инвесторов.



Рис. 4

Сегодня в ряде государств Дальнего Востока, не имеющих богатых природных ресурсов, например Японии, Южной Кореи, научное образование, высококвалифицированный кадровый потенциал выступают основой обеспечения непрерывного социально-экономического, культурно-интеллектуального подъема. Из-за его значимости и приносимых дивидендов доход от инноваций сейчас превышает доход от использования природных ресурсов. При этом необходимо отметить, что в условиях рыночной экономики очень важно организовать инновационные научные лаборатории и технологические зоны для формирования и развития малых предприятий (предпринимателей). Статистика зарубежных стран показывает, что если предприятия с таким содержанием пытаются действовать в одиночестве, то один или два из десяти таких предприятий могут продолжать конкурировать на рынке, а остальные банкротятся. Поэтому технопарк, принимая на себя организационные вопросы, связанные с коммерциализацией научных результатов, играет большую роль в обеспечении конкурентоспособности и целенаправленного развития таких предприятий на рынке [19].

В настоящее время важную роль в построении экономики, основанной на знаниях информационного общества, играют университеты, ставшие центрами технологических знаний. Университет оказывает поддержку предприятиям, работающим в технопарке, в области перевода инновационных научных результатов и управления работой. Все подходы в этих процессах реализуются в сочетании с защитой авторских прав.

Таким образом, технопарки – это пространство, обеспечивающее инновационную деятельность, где есть комплексные условия, начиная с формирования новых идей и заканчивая их внедрением и развитием.

Технопарки должны строиться на основе определенной стратегии с учетом существующих предприятий, занимающихся технологической, исследовательской и развивающей деятельностью страны, фи-

нансового состояния, уровня развития промышленности и наличия необходимых инфраструктурных возможностей. Исходя из имеющегося потенциала необходимо определить, в каких регионах страны, для каких целей и сколько технопарков должно быть реализовано.

Среди критических моментов – работа фирм в технопарке. Так, некоторые фирмы имеют преимущество в конкуренции благодаря различным налоговым льготам. Наличие налоговых и прочих льгот вызывает интерес и у компаний, которые не планируют свое развитие в соответствии с исследовательской деятельностью, что не соответствует логике технопарка. Фирмы, которые будут строиться в технопарке, должны рассматривать его потенциал не в целях получения налоговых или других льгот, а в качестве дополнительной возможности при проведении исследований.

В фирмах технопарка логично присутствие студентов университетов и исследовательских работников, но иногда видно, что из-за упомянутых выше льгот больше людей, склонных к традиционной деловой деятельности, чем к исследовательской, что в конечном итоге не соответствует целям технопарка.

Вопрос влияния технопарков на занятость также входит в число критических вопросов. Не все мнения на эту тему оптимистичны. Согласно эмпирическим исследованиям, проведенным Скоттом Уоллстеном, технопарк не оказал существенного влияния на уровень занятости региона. По словам Уоллстена, есть истории успеха, но технопарки не являются инструментом. К примеру, в середине 1980-х годов Техасский исследовательский парк, который должен был привлечь к занятиям 50 000 человек, смог обеспечить работой до 300 человек [20]. Также был объявлен "неудачным" технопарк, построенный в Мэриленде, в котором должны были трудоустроиться 12 000 человек. При этом положительным примером могут служить 300 000 рабочих мест, созданных в Силиконовой долине. Успешные технопарки занимают, пожалуй, мало места во всех технопарках, но их влияние достаточно большое [20].

Технопарки могут быть либо обобщенными, либо частично специализированными, либо полностью специализированными (рис. 5).

Специализация технопарков

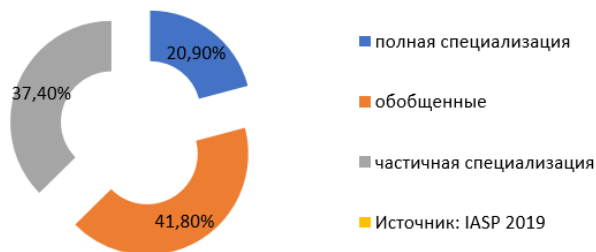


Рис. 5

Если совет директоров технопарка принимает компанию из любого сектора экономики, то это обобщенный вариант, если только один сектор (или несколько) – то полностью специализированный. Если специализированный технопарк принимает компании из других секторов, то он определяется как полуспециализированный [20].

Надо признать, что в настоящее время не все мировые технопарки имеют строгую специализацию, но наблюдается склонность технопарков к специализации.

Следует отметить, что конкурентоспособное производство продукции и оказание услуг в настоящее время считаются более доступными в технопарках или промышленных парках. Известно также, что многие компании, работающие в технопарках, развивают свой бизнес, используя новые информационные технологии. С их помощью предприниматели при меньших затратах предлагают услуги по производству продукции, а также получают больше доходов и повышают свою экономическую мощь и конкурентоспособность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котельников Н.В., Нагаева А.В. Анализ и перспективы развития технопарка как объекта инновационной инфраструктуры // Известия ТПУ. 2014. Т. 324. № 6.

2. Иванова О.Е. Обобщение зарубежного опыта развития кластеров и технопарков как фактора ак-

тивизации инновационной деятельности // Наука и экономика. 2012. № 6 (14). С. 20...28

3. Лазарев В.С. Технопарки: мини-обзор концептуальных понятий. <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/104970/318-323.pdf?sequence=1>

4. Маркова Н.И., Мухутдинов Л.К. Технопарки различных стран мира или международный опыт // Научно-практический электронный журнал "Аллея науки". 2020. №1(40).

5. Какатунова Т.В. Виртуальный технопарк как элемент инновационной региональной инфраструктуры // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: матер. междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2013. С. 213.

6. Бебешко И.Ю., Тихонова М. В. Технопарковые структуры как элемент национальной инновационной системы // Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов. <https://s.science-education.ru/pdf/2012/3/328.pdf>

7. Лурье Е.А. Университетские технопарки: время признания // Инновации. 2013. № 5 (175). С. 3...15

8. Əliyev Ə.Q., Şahverdiyeva R.O. İKT-technoparkların fəaliyyətinin səmərəliliyinin kompleks qiymətləndirilməsi məsələləri. "Informasiya Səmiyyəti Problemləri" "Informasiya Səmiyyəti Problemləri" 2011-ci il, №2. səh.71...79.

9. Проектирование информационных систем управления бизнес-процессами предприятий легкой промышленности. М.: Университетская книга, 2020. 588 с.

10. Проектирование информационных систем управления бизнес-процессами предприятий машиностроительного комплекса. М.: Университетская книга, 2020. 574 с.

11. Мамедова Х.Ф., Таштулатов С.Ш., Мамедов Ф.А., Исмаилов В.А. Разработка технологии изготовления одежды для учащихся лицей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №4 (400). С. 153...160.

12. Mammadov J.F., Genjeliyeva G.Q., Aliyeva S., Valiyeva B.A. Creating corporative network for management of higher educational institution and its technopark // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management. Computer Science and Informatics. 2020; 3: 7-14. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2020-3-7-14.

13. Mamedov J.F., Genjeliyeva G.Q., Aliyeva S., Valiyeva B.A. Creating corporative network for management of higher educational institution and its technopark // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Управление, вычисл. техн. информ. 2020. No. 3, 7–14

14. Хайруллин Р.А. Этапы инновационного процесса // Фундаментальные исследования. 2011. №12. С. 809...813.

15. Сагалиева Ж.К., Есекешова М.Д., Жусупова А.А., Кочкорбаева Э.Ш. Цифровая педагогика в образовательном пространстве: учебное пособие. Алматы: Бастау, 2020. 403 с.

16. Мамедова Х.Ф., Мамедов Ф.А., Таштулатов С.Ш. Проблемы повышения эффективности

использования материальных и трудовых ресурсов швейной промышленности Азербайджана // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №3 (399). С. 39...42.

17. *Karataev M.S., Tashpulatov S.Sh., Hurmatova O.I., Mamedova H.F., Akhmedov P.T., Ruziboev H.H.* Разработка технологии получения формоустойчивого двустороннего футерованного трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. №5 (395). С. 101...105.

18. *Tashpulatov Saleh, Rasulova Mastruba, Mamosolieva Shohista, Kadirov Tulkin, Mammadova Xadidja.* Journal of optoelectronics laser. Volume 41. Issue 4. 2022. ISSN: 1005-0086

19. *Кочиева А.К., Лысак Л.В.* Активизация деятельности технопарков как фактор инновационного развития экономики регионов // Regional economics. Theory and Practics. 2017. Vol. 15. Iss. 4. Pp. 729...741.

20. *Гасымов И., Джабиев Ф.* Инновационное предпринимательство и технопарки. Баку, 2017. 182 с.

REFERENCES

1. *Kotelnikov N.V., Nagaeva A.V.* Analysis and development prospects of the technopark as an object of innovation infrastructure // News of TPU. 2014. V. 324. No. 6.

2. *Ivanova O.E.* Generalization of foreign experience in the development of clusters and technology parks as a factor in activating innovative activity // Science and Economics. 2012. No. 6 (14). Pp. 20...28.

3. *Lazarev V.S.* Technoparks: a mini-review of conceptual concepts. <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/104970/318-323.pdf?sequence=1>

4. *Markova N.I., Mukhutdinov L.K.* Technoparks around the world or international experience // Scientific and practical electronic journal "Alley of Science". 2020. No. 1(40).

5. *Kakatanova T.V.* Virtual technopark as an element of innovative regional infrastructure // New materials, equipment and technologies in industry: mater. international scientific and technical conf. of young scientists. Mogilev: Belarus.-Russian University, 2013. P. 213.

6. *Bebeshko I.Yu., Tikhonova M.V.* Technopark structures as an element of the national innovation system // St. Petersburg State University of Economics and Finance. <https://s.science-education.ru/pdf/2012/3/328.pdf>

7. *Lurie E.A.* University technoparks: time for recognition // Innovations. 2013. No. 5 (175). P. 3...15.

8. *Əliyev Ə.Q., Şahverdiyeva R.O.* İKT-technoparkların fəaliyyətinin səmərəliliyinin kompleks qiymətləndirilməsi məsələləri. "İnformasiya Cəmiyyəti Problemləri" 2011-ci il, №2. səh.71...79.

9. Designing information systems for managing business processes of light industry enterprises: A textbook with international participation with the UMO stamp. M.: Universitetskaya kniga, 2020. 588 p.

10. Designing information systems for managing business processes of enterprises of the machine-building complex: A textbook with international participation with the UMO stamp. M.: Universitetskaya kniga, 2020. 574 p.

11. *Mamedova Kh.F., Tashpulatov S.Sh., Mamedov F.A., Ismailov V.A.* Development of clothing manufacturing technology for lyceum students // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 4 (400). P. 153..160.

12. *Mammadov J.F., Genjeliyeva G.Q., Aliyeva S., Valiyeva B.A.* Creating a corporate network for management of higher educational institution and its technopark // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management. Computer Science and Informatics. 2020; 3:7-14. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2020-3-7-14.

13. *Mamedov J.F., Genjeliyeva G.Q., Aliyeva S., Valiyeva B.A.* Creating corporate network for management of higher educational institution and its technopark // Vestnik Astrakhan. state tech. university. Series: Control, computing tech. inform., 2020. No. 3, 7-14.

14. *Khairullin R.A.* Stages of the innovation process // Fundamental research. 2011. No. 12. P. 809...813.

15. *Sagaliyeva Zh.K., Esekeshova M.D., Zhusupova A.A., Kochkorbaeva E.Sh.* Digital pedagogy in the educational space: Textbook. Almaty: Bastau, 2020. 403 p.

16. *Mamedova Kh.F., Mamedov F.A., Tashpulatov S.Sh.* Problems of increasing the efficiency of the use of material and labor resources in the garment industry of Azerbaijan. Proceedings of universities // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 3 (399). P. 39...42.

17. *Karataev M.S., Tashpulatov S.Sh., Nurmatova O.I., Mamedova H.F., Akhmedov R.T., Ruziboev N.N.* Development of technology for obtaining form-stable double-sided lined knitwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 5 (395). P. 101...105.

18. *Tashpulatov Saleh, Rasulova Mastruba, Mamosolieva Shohista, Kadirov Tulkin, Mammadova Xadidja.* Journal of optoelectronics laser. Volume 41. Issue 4. 2022. ISSN: 1005-0086

19. *Kochieva A.K., Lysak L.V.* Activation of technology parks as a factor in the innovative development of the regional economy // Regional economics. Theory and Practices. 2017. Vol. 15. Iss. 4. Pp. 729...741.

20. *Gasimov I., Dzhabiev F.* Innovative entrepreneurship and technology parks. Tutorial. Baku, 2017. 182 p.

Рекомендована Азербайджанским технологическим университетом. Поступила 13.03.23.

УДК 677.024

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_81

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА
ДЛЯ ЕГО КВАЛИМЕТРИИ: ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИСПЫТАНИЯ***

**A METHOD OF MEASURING BENDING RIGIDITY OF FLAX FIBER DURING ITS
QUALIMETRY: DETERMINING PROPERTIES OF A TESTING ALGORITHM**

С.Н. РАЗИН¹, Е.Л. ПАШИН¹, А.В. ОРЛОВ²

S.N. RAZIN¹, E.L. PASHIN¹, A.V. ORLOV²

*(¹Костромская государственная сельскохозяйственная академия,
²Костромской государственный университет)*

*(¹Kostroma State Agricultural Academy,
²Kostroma State University)*

Стандартный метод определения гибкости лубяных волокон не обеспечивает требуемую точность результатов анализа из-за структурной неоднородности составляющих пробу волокнистых прядей, зависимой от исполнителя анализа. Вариация значений гибкости достигает 100% и более, что неприемлемо для решения задач стандартизации. Поэтому предложен метод приближенного определения изгибной жесткости пряди на основе ее трехточечного прогиба и представления формы ее изогнутой оси в виде кубической параболы. Однако при его использовании выявлена погрешность при определении изгибной жесткости из-за некорректного определения координат точки касания пряди с поверхностью опор. Сделано заключение о необходимости разработки алгоритма расчета, обеспечивающего оптимизацию поиска координат точки соприкосновения пряди с поверхностью опоры, исходя из определения угловой и линейных координат в плоскости нагружения для обеспечения условия совпадения касательных к изогнутой оси пряди и к поверхности опоры в точке их касания.

Standard method of measuring flexibility of flax fibers doesn't provide the required degree of precision due to structural irregularities in the fibers, introduced by the person performing the analysis. This leads to increased variation in the flexibility values up to 100% which is unacceptable for the purposes of standardization. As such, we suggested a method of estimation of bending rigidity of flax strand using

* Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 23-26-00147)

three-point bending, based on approximating the strand's shape using a cubic polynomial. However, this method introduces errors of its own, caused by incorrect estimation of the point of contact between the sample and the supports.

As such, an improved algorithm is needed that will perform additional checks related to correctness of position and inclination of the strand in its point of contact with the supports. In particular, tangents to the strand itself and the support that pass through the point of contact, should match.

Ключевые слова: льняное волокно, изгибная жесткость, испытание, точность анализа, трехточечный прогиб, изогнутая ось пряди, повышенная кривизна и прогиб, точка контакта, касательная к опоре.

Keywords: bending rigidity, testing, precision, three-point bending, contact point, tangent, high curvature.

Необходимость совершенствования методов контроля качества сельскохозяйственного сырья является актуальной задачей, вытекающей из утвержденной Правительством РФ стратегии развития АПК до 2030 г. [1]. Это в полной мере относится к контролю качества льняного волокна как сырья для текстильной промышленности. Применяемые для этих целей на практике инструментальные методы указаны в ГОСТР 53484-2009 «Лен трепаный. Технические условия». Важная роль при оценке качества льна по требованиям этого стандарта отводится гибкости волокна. Ее определяют с использованием прибора ГВ по величине прогиба консольных участков анализируемой волокнистой пробы массой 0,42 г. и длиной 27 см [2].

Однако при практическом применении стандартного метода выявлены недостатки, связанные с неопределенностью формирования прогибов Δ и пониженной точностью их определения [3]. Причинами этого является неточная фиксация значений прогибов у отдельных волокнистых комплексов, составляющих анализируемые пряди, наличие структурной неоднородности прядей, а также изменчивость величин сил трения и сцепления волокнистых комплексов между собой по их длине. Эти факторы увеличивают вариацию значений прогиба Δ до 100% и более, что не обеспечивает требуемой точности измерений.

Существенным недостатком также является несоответствие величины деформации при изгибе волокна при лабораторных

испытаниях с прогибами, возникающими на практике при его получении и переработке, при которых появляется значительная кривизна [4, 5].

Таким образом, существующий стандартный метод определения гибкости льняного волокна требует совершенствования.

При выявлении направлений улучшения метода провели оценку существующих известных методов-аналогов, применяемых для определения изгибной жесткости текстильных и иных материалов [6...11].

С учетом особенностей структуры льняного волокна наиболее приемлемым для использования аналогом оказался метод трехточечного прогиба [12], схема которого представлена на рис. 1. Использование такой схемы позволяет минимизировать проявление указанных выше недостатков стандартного метода. Это достигается за счет возможности деформирования пряди при повышенной кривизне и уменьшения длины испытываемых проб в виде отрезков для прижатия свободных концов пробы к опорам. Кроме этого в качестве отклика при испытании можно использовать возникающую при прогибе силу F .

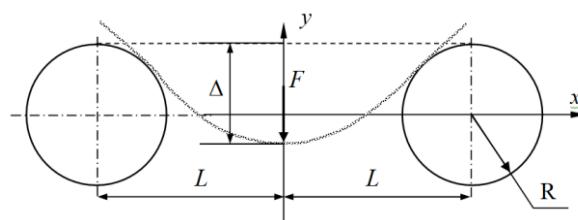


Рис. 1

При трехточечном изгибе закономерности изменения формы оси испытываемой пряди волокна, заданной функцией $y = f(x)$, должны соответствовать принятым представлениям изменения ее кривизны (k) в зависимости от изгибной жесткости EJ и изгибающего момента M , то есть $k = M/EJ$. Тогда оценку изгибной жесткости по величине F следует осуществлять при постоянных значениях L , R и Δ .

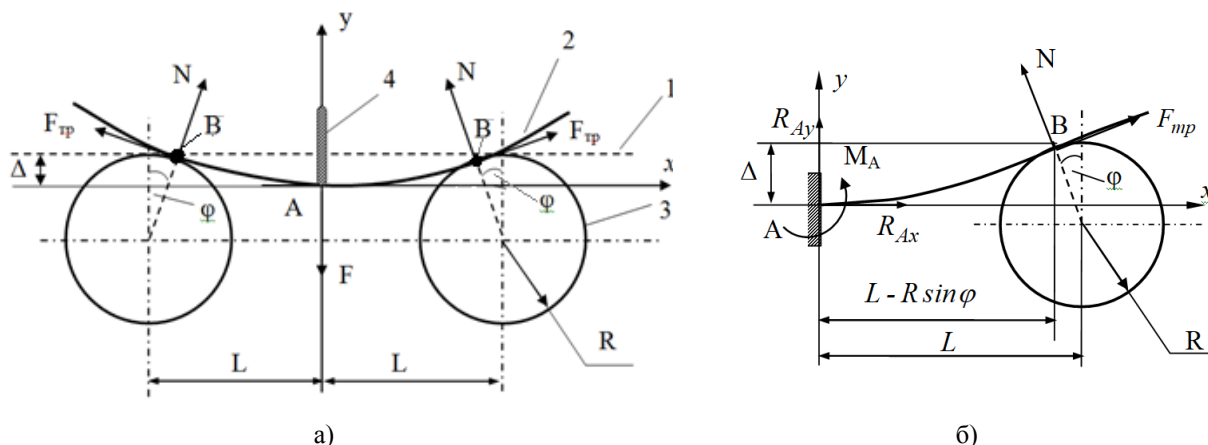


Рис. 2

На рис. 2, а показаны начальное и конечное положения упругой на изгиб пряди, которые обозначены соответственно позициями 1 и 2. Позициями 3 и 4 обозначены неподвижные (не вращающиеся) опоры, требующие учета сил трения, и тело в виде пластины с закругленной кромкой, изгибающее прядь. Изогнутая прядь касается опор 3 в точках В.

Зная значение силы F , соответствующее прогибу пряди Δ , можно определить неизвестные силы реакции N и силы трения $F_{тр}$:

$$\sum F_{ky} = 2N \cos \phi + 2F_{тр} \sin \phi - F = 0,$$

$$\sum F_{kx} = R_{Ax} + fN \cos \phi - N \sin \phi = 0;$$

$$\sum F_{ky} = R_{Ay} + fN \sin \phi + N \cos \phi = 0;$$

$$\sum M_A = M_A + N(\cos \phi + f \sin \phi)(L - R \sin \phi) + N(\sin \phi - f \cos \phi)(\Delta - R(1 - \cos \phi)) = 0.$$

Отсюда находим:

$$R_{Ax} = \frac{F(\sin \phi - f \cos \phi)}{2(\cos \phi + f \sin \phi)}; R_{Ay} = \frac{F}{2};$$

Однако, исходя из особенностей взаимодействия волокна с поверхностью цилиндрических опор (далее опоры), очевидны различия между исходным расстоянием $2L$ и меняющейся длиной пряди между точками контакта с опорами при прогибе. Это обстоятельство требует дополнительного изучения предлагаемой схемы и особенностей поведения пряди с учетом действующих на нее сил.

тогда

$$N = \frac{F}{2(\cos \phi + f \sin \phi)}, F_{тр} = fN.$$

Поскольку в схеме нагружения имеется ось симметрии (ось y), то для дальнейшего исследования по определению изгибной жесткости можно рассмотреть только часть пряди, лежащую справа от сечения А. Тогда часть пряди АВ можно считать жестко заделанной в сечении А (рис. 2, б).

Из уравнений равновесия участка пряди АВ определим силы реакций в заделке:

$$M_A = \frac{-F \cdot ((\cos \phi + f \sin \phi)(L - R \sin \phi) + (\sin \phi - f \cos \phi)(\Delta - R(1 - \cos \phi)))}{2(\cos \phi + f \sin \phi)}. \quad (1)$$

В полученном решении (1) величина угла ϕ зависит от параметров L , R и Δ и является неизвестной величиной.

Отметим, что при определении изгибной жесткости пряжи, когда она имеет достаточно большую кривизну, ее прогибы нельзя считать малыми. Поэтому для определения формы ее изогнутой оси используем уравнение [13]:

$$EJ \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = \Sigma M_{kz},$$

или

$$EJ \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = R_{Ay}x - R_{Ax}y - M_A, \quad (2)$$

где EJ – изгибная жесткость пряжи.

Аналитическое решение уравнения (2) получить проблематично, так как оно является нелинейным. Поэтому приближенное решение осуществим численно. В качестве первого приближения примем форму изогнутой оси пряжи в виде кубической параболы, что согласуется с известными положениями [14]. Принимаемое приближение представим следующим выражением:

$$y_1 = a_0 + a_1x + a_2x^{k_2} + a_3x^{k_3}, \quad (3)$$

где $k_2 = 2$, $k_3 = 3$.

$$\begin{cases} a_2(L - R \sin \phi)^{k_2} + a_3(L - R \sin \phi)^{k_3} = \Delta - R(1 - \cos \phi), \\ a_2k_2(L - R \sin \phi)^{k_2-1} + a_3k_3(L - R \sin \phi)^{k_3-1} = \operatorname{tg} \phi, \\ a_2k_2(k_2 - 1)(L - R \sin \phi)^{k_2-2} + a_3k_3(k_3 - 1)(L - R \sin \phi)^{k_3-2} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Для проверки полученного результата найдем решение уравнения (2) иным способом, но также численно, используя, например, метод Эйлера [13], согласно которому:

$$y'_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta x}, \quad y''_i = \frac{y_{i+2} - 2y_{i+1} + y_i}{\Delta x^2}. \quad (5)$$

Подставив (5) в уравнение (2), получим:

$$y_{i+2} = 2y_{i+1} - y_i + (R_{Ay}x_i - R_{Ax}y_i - M_A) \left(1 + \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta x} \right)^2 \right)^{3/2} \frac{\Delta x^2}{EJ}. \quad (6)$$

Для определения постоянных величин a_0 , a_1 , a_2 , a_3 и угла ϕ имеем следующие граничные условия:

$$\begin{aligned} y(0) &= 0; \quad y'(0) = 0; \\ y_1(L - R \sin \phi) &= \Delta - R(1 - \cos \phi); \\ y'_1(L - R \sin \phi) &= \operatorname{tg} \phi; \quad y''_1(L - R \sin \phi) = 0. \end{aligned}$$

Последнее условие вытекает из того, что кривизна упругой линии пряжи в сечении В равна нулю, так как справа от сечения В нет каких-либо внешних сил за исключением сил тяжести, которыми можно пренебречь из-за их малости.

Учитывая первые два условия, находим: $a_0 = 0$ и $a_1 = 0$. Из оставшихся трех условий получаем систему трех уравнений (4) для определения a_2 , a_3 и ϕ .

Данную систему нелинейных уравнений решаем численно, например, с помощью системы Mathcad. В результате получим значения коэффициентов a_2 и a_3 , а также значение угла ϕ , определяющего координаты точки контакта пряжи с поверхностью опоры. Так, например, для случая, когда $L = 0,04$ м, $R = 0,02$ м, $\Delta = 0,03$ м, $F = 0,005$ Н, $f = 0,2$, получаем следующие результаты: $a_2 = 57,49$; $a_3 = -803,72$; $\phi = 0,94$ рад = $53,9^\circ$.

На рис. 3 представлены графики функции $y(x)$, полученные на основе системы уравнений (4), – кривая 1 и при тех же данных по формуле (6) – кривая 2. При использовании (6) значение изгибной жесткости EJ подбирали так, чтобы кривая $y(EJ)$ проходила через точку B с координатами: $x_B = L - R \sin \varphi$ и $y_B = \Delta - R(1 - \cos \varphi)$. В итоге получили, что $EJ = 1,64758 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{м}^2$.

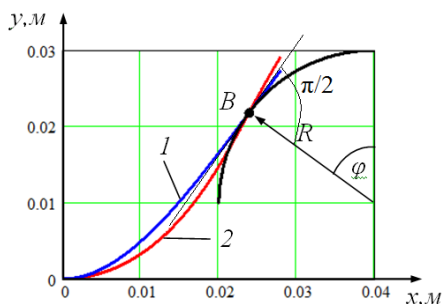


Рис. 3

Из анализа полученных результатов следует, что предполагаемая форма упругой линии пряжи $y_1(x)$ имеет значительное отклонение от функции $y(x)$, которая получена в результате численного решения уравнения (2). Функция $y(x)$ пересекает контур опоры, и угол наклона ее касательной в точке контакта пряжи с опорой не совпадает с касательной к ней. Это не соответствует действительности и свидетельствует о том, что точка контакта найдена не верно.

Для исключения этого недостатка необходимо найти такие показатели степени k_2 и k_3 , при которых будет найден такой угол φ , определяющий положение точки контакта пряжи с опорой, при котором функция $y(x)$, проходя через точку контакта, будет иметь касательную, совпадающую с заданной точностью с касательной к опоре.

Обеспечение указанных условий требует поиска на основе подбора определенного сочетания k_2 и k_3 .

Такой поиск был реализован. Установлены следующие показатели: $k_2 = 2,5$; $k_3 = 7,9$. При таких значениях получено удовлетворительное совпадение предполагаемой кривой, описывающей изогнутую ось пряжи, с осью пряжи, полученной расчетным путем. В этом случае $EJ = 1,76 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{м}^2$. Оценивая степень совпадения упругих осей по максимальному отклонению $\max |y(x) -$

$y_1(x)|$, получили, что наибольшее значение составляет не более 0,5 мм.

Однако при росте величины прогиба пряжи выявлена тенденция роста наибольшего отклонения. Для уточнения этой тенденции, связанной со степенью совпадения кривых, описывающих изогнутую ось пряжи в зависимости от ее прогиба, проведен численный эксперимент. При его реализации оценивали относительную ошибку A по формуле:

$$A = \{|y(x) - y_1(x)|/y_1(x)\} \cdot 100, \%$$

Из полученных результатов (рис. 4) следует существенная зависимость относительной ошибки от величины прогиба пряжи. При больших прогибах пряжи, например 2,5 см, кубическая парабола описывает изогнутую ось пряжи неудовлетворительно – относительная ошибка составляет 14%. Указанный рост ошибки ведет к снижению точности при определении изгибной жесткости.

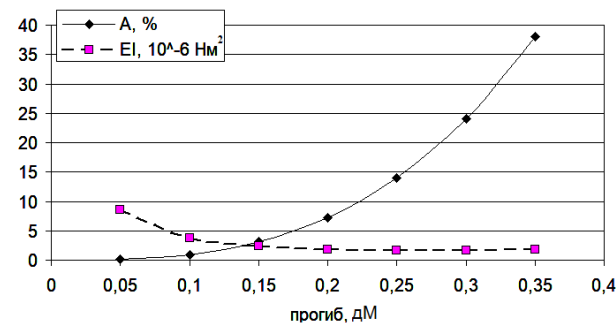


Рис. 4

Таким образом, при определении изгибной жесткости пряжи в условиях больших прогибов (большой кривизны) предложенный метод ее расчета имеет существенный недостаток, требующий подбора условий необходимого соприкосновения и расположения прогнутой пряжи относительно поверхности опор.

Однако подбор указанных условий вносит существенную неопределенность и поэтому будет приводить к увеличению продолжительности расчетов. Поэтому использование предложенного метода ограничивается условиями нагружения пряжи, при которых при изгибе формируется небольшая кривизна. В противных случаях требу-

ется совершенствование алгоритма определения EI путем разработки системы расчета, обеспечивающей оптимизацию поиска координаты точки соприкосновения пряжи с поверхностью опоры, исходя из определения угла φ , при котором функция $y(x)$ одновременно проходила бы через точку контакта (т.е. через точку В с координатами: $x_B = L - R \sin \varphi$ и $y_B = \Delta - R(1 - \cos \varphi)$) и имела бы касательную, совпадающую с заданной точностью с касательной в т. В к поверхности опор.

ВЫВОДЫ

1. При практическом использовании стандартного метода определения гибкости льняного волокна выявлены недостатки, связанные с пониженной точностью определения прогибов Δ как оценки гибкости анализируемой пробы из-за неопределенности расположения концов свисающих волокнистых консолей, структурной неоднородности волокнистых прядей, а также изменчивости по величине сил трения и сцепления между собой по их длине. Эти факторы существенно увеличивают вариацию значений прогиба Δ до 100% и более, что неприемлемо для измерения гибкости с требуемой точностью.

2. Предложен метод приближенного определения изгибной жесткости пряжи (EI) путем аппроксимации формы ее изогнутой оси в виде кубической параболы. Однако при его использовании выявлено ограничение по величине прогиба (до 2 см), связанное с недопустимым ростом погрешности при определении EI до 7...0% из-за некорректного определения координат точки соприкосновения пряжи с поверхностью опор.

3. Дальнейшее совершенствование предложенного метода определения EI требует разработки алгоритма расчета, обеспечивающего поиск координат точки соприкосновения пряжи с поверхностью опоры, исходя из определения угловой и линейных координат в плоскости нагружения для обеспечения условия совпадения касательных к ней и к поверхности опоры в точке их касания.

1. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2020 года N 993-р.

2. *Городов В.В., Лазарева С.Е., Лунев И.Я. и др.* Испытания лубоволокнистых материалов. М.: Легкая индустрия, 1969. 208 с.

3. *Паушин Е.Л., Нестерова Т.Н.* Недостатки стандартного метода определения гибкости трепаного льняного волокна // Сб. трудов 72 науч.-практ. конф. с междунар. участием / Костромская ГСХА. Караваново, 2021. С. 342...349.

4. *Ипатов А.М.* Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур: учеб. пособие для вузов. М.: Легпромбытиздат, 1989. 144 с.

5. *Смельская И.Ф., Ильин Л.С., Жуков В.И., Кротков В.Н.* Прядение льна. Кострома: Изд-во КГТУ, 2007. 543 с.

6. *Лапишин В.В.* Разработка методологических основ и автоматизированного измерительного комплекса для оценки свойств текстильных материалов: дис. ... д-ра техн. наук. Кострома: Костромской государственной университет, 2020. 318 с.

7. *Мартон В.Е., Херл Д.В.С.* Механические свойства текстильных волокон: [пер. с англ.]. Манчестер-Лондон, 1962; М.: Легкая индустрия, 1971. 184 с.

8. *Щербаков В.П.* Прикладная и структурная механика волокнистых материалов: монография. М.: Тисо Принт, 2013. 304 с.

9. *Крутикова В. Р., Общанская И. В., Лустгартен Н.В.* Определение жесткости нити при изгибе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2004. № 2. С. 11...14.

10. *Егоров Н.В., Щербаков В.П.* Новый метод расчета жесткости нити при изгибе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 5. С. 23...27.

11. *Гречухин А.П.* Способ определения жесткости нити при изгибе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 5. С. 47...51.

12. ГОСТ 9187-74. Обувной картон. Метод определения жесткости и изгибоустойчивости при статическом изгибе. М.: Издательство стандартов, 1987. 5 с.

13. *Попов Е.П.* Теория и расчет гибких упругих стержней. М.: Наука, 1986. 296 с.

14. *Дарков А.В., Шпиро Г.С.* Сопротивление материалов. М.: Высш. шк., 1989. 643 с.

REFERENCES

1. Development strategy of agricultural and fishing complexes of Russian Federation until 2030: a Russian Federation Government Decree no. 993-r, April 12th, 2020.

2. *Gorodov V.V. et al.* Testing of bast-like fibrous materials. M.: Legkaya Industriya, 1969. 208 p.

3. Pashin E.L. and Nesterova T.N. Flaws of the standard method of measuring flexibility of flax fiber // Compilation of articles of 72nd scientific-practical conference. Karavaevo, Kostroma State Agricultural Academy, 2021, pp. 342...349.

4. Ipatov A.M. Theoretical basis of mechanical processing of stalks of bast cultures: a university textbook. M.: Legprombytizdat, 1989. 144 p.

5. Smelskaya I.F. et al. Flax spinning: a university textbook. Kostroma: Kostroma State Technological University, 2007. 543 p.

6. Lapshin V.V. Creating methodological basis for automated measurement device complex used to measure properties of textile materials, PhD Thesis, Kostroma State University, 2020, 318 p.

7. Morton W.E. and Hearle J.W.S. Physical Properties of Textile Fibers, Manchester and London, the Textile Institute and Butterworths, 1962. 608 p.

8. Scherbakov V.P. Applied and structural mechanics of fibrous materials: a monograph. M.: Tiso Print, 2013. 304. p.

9. Krutikova V.R., Obschanskaya I.V. and Lustgarten N.V. Determining torsion rigidity of a thread // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya

Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2004. No. 2. Pp. 11...14.

10. Egorov N.V. and Scherbakov V.P. 'A new method of determining thread bending rigidity // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. No. 5. Pp. 23...27.

11. Grechukhin A.P. 'A way to determine thread bending rigidity // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2014. No. 5. Pp. 47...51.

12. GOST 9187-74. Cardboard. Method of measuring of stiffness and tensile strength under static bending. M.: Izdatelstvo standartov, 1987.

13. Popov E.P. Theory and calculation for flexible elastic rods. M.: Nauka, 1986. 296 p.

14. Darkov A.V. and Shpiro G.S. Resistance of materials. M.: Vysshaya shkola, 1989. 643 p.

Рекомендована кафедрой «Технические системы в агропромышленном комплексе» Костромской ГСХА. Поступила 26.01.23.

УДК 677.076.9

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_87

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ХИМИЧЕСКИ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

DESIGN AND PREDICTION OF MATERIAL PROPERTIES FOR PROTECTION AGAINST CHEMICALLY AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

В.И. БЕСШАПОШНИКОВА¹, Е.А. ЛОГИНОВА¹, Н.Е. КОВАЛЕВА², И.В. СТЕПАНОВА¹, А.В. СМИРНОВА¹

V.I. BESSHAPOSHNIKOVA¹, Ye.A. LOGINOVA¹, N.Ye. KOVALEVA², I.V. STEPANOVA¹, A.V. SMIRNOVA¹

¹Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),

²Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина)

¹Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),

²Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin)

E-mail: vibesvi@yandex.ru

В работе представлены результаты проектирования структуры и исследования свойств многослойных материалов для химзащитной спецодежды, которые характеризуются высокой прочностью и обеспечивают 6 класс защиты по сопротивлению прониканию жидкого о-ксилола и паров аммиака, что позволяет рекомендовать полученные многослойные материалы для производства химзащитной спецодежды. Разработана математическая модель для прогнозирования зависимости проницаемости опасных

химических веществ от основных параметров структуры и свойств текстильного материала.

The paper presents the results of designing the structure and studying the properties of multilayer materials for chemical protective clothing, which are characterized by high strength and provide protection class 6 in terms of resistance to the penetration of liquid o-xylene and ammonia vapor, which allows the resulting multilayer materials to be recommended for the production of chemical protective clothing. A mathematical model has been obtained to predict the permeability of hazardous chemicals from the main parameters of the structure and properties of the textile material.

Ключевые слова: проектирование, свойства, структура, текстильные полотна, химзащита, токсичные вещества.

Keywords: design, properties, structure, textile fabrics, chemical protection, toxic substances.

На химических и нефтеперерабатывающих предприятиях, в местах захоронения химических, ядерных и других опасных токсичных отходов рабочие подвергаются воздействию вредных агрессивных сред производства. Поэтому надежная защита персонала химически опасных объектов, а также спасателей и ликвидаторов последствий чрезвычайных ситуаций является важной и актуальной задачей.

Различают два основных типа защитной одежды: средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК) изолирующего и фильтрующего типов. СИЗК изолирующего типа изготавливают, как правило, из тяжелых прорезиненных материалов, которые обладают высокой стойкостью к опасным и токсичным химическим веществам, но значительно увеличивают массу самого изделия [1...6]. Пребывание в такой одежде даже короткое время вызывает дискомфорт пользователя, нарушает теплообмен и влажность пододежного пространства.

Для решения данных проблем разработана многослойная структура материалов, содержащих мембранный слой, который селективно пропускает вещества в одном направлении и препятствует их прохождению в обратную сторону [7, 8].

Для повышения уровня защиты от воздействия более широкого спектра химичес-

ки опасных веществ использовали ткани со специальной защитной отделкой, которые рекомендуются для защиты от концентрированных кислот, однако не обеспечивают высокий уровень защиты от токсичных веществ не менее 6 часов [9]. В качестве основного (лицевого) слоя разрабатываемой многослойной структуры материалов выбраны ткани с химзащитной отделкой отечественных производителей: ткани компании ОАО «Моготекс» арт. 15С18-КВ и ткань Грета арт. 4С5-КВ, предназначенные для защиты от концентрированной 80% серной кислоты; ткани для химической промышленности ГК «Чайковский текстиль» Премьер 250А арт. 81408АМ и Премьер Standard 250 арт. 81421 с нефте-, масло-, водоотталкивающей (НМВО) и кислотостойкой отделкой; трехслойная ткань Vautex SL (США, DuPont) с покрытием с внутренней стороны бутиловым каучуком, с наружной – Viton марки А; ткань YL-C/C27511-1 (компании Yulong, Китай) с антикислотной и антищелочной отделкой; ткань Umex CP-12 (фирма Dräger GmbH, Германия) с поливинилхлоридным покрытием [8]. Характеристики структуры и показатели свойств выбранных тканей для формирования структуры многослойного материала для химзащиты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование показателей	Ткани верха многослойного материала						
	Vautex SL (США)	Umex CP-12 (Германия)	YL-C/C 27511-1 (Китай)	Моготекс		Чайковский текстиль	
				Арт. 15С18-КВ	Грета арт. 4С5-КВ	Премьер 250А	Премьер Standard 250
Поверхностная плотность, г/м ²	310	287	275	220	210	250	250
Вид переплетения, отделка	саржа 3/1, БК+ витон	саржа 3/1, ПВХ, НМВО, К80, Ш20	саржа 3/1, ВО, К80, Ш20	саржа 3/1, МВО, К80, Ш20	саржа 3/1, МВО, К80, Ш20	саржа 3/1, НМВО, К80, Ш20	саржа 3/1, НМВО, К80, Ш20
Волокнистый состав, %	100 ноекс	100 полиэфир	100 хлопок	100 полиэфир	51 хлопок, 49 полиэфир	67 полиэфир, 33 хлопок	65 полиэфир, 35 хлопок
Толщина ткани, мм	1,12	1,18	0,82	0,85	0,84	0,87	0,84
Паропроницаемость, г/м ² , за 24 ч	1545	1454	1965	1887	1913	1810	1765
Прочность при раздирании, Н, по основе/утку	181,2/ 148,3	122,3/ 110,0	69,5/ 63,3	101,0/ 89,4	87,4/ 86,1	93,8/ 95,6	95,5/ 92,0
Разрывная нагрузка, Н, по основе/ утку	2211,7/ 2108,4	2050,3/ 1946,0	1145,5/ 987,3	1255,5/ 1021,3	1435,3/ 1102,5	1825,2/ 1478,8	1970,4/ 1656,1
Разрывное удлинение, %, основа/уток	15,3/ 20,0	17,6/ 18,9	20,2/ 23,5	23,2/ 26,5	17,8/ 21,7	22,7/ 24,1	38,5/ 39,9
Стойкость к открытому пламени, с:							
- экспозиция 5 с,	0	1	3	2	1	1	1
-остаточное горение	0	0	1	1	1	0	0
-остаточное тление	0	0	0	0	0	0	0
Время защитного действия, мин:							
- пары аммиака конц. 50 мг/л,	60	65	60	61	60	65	69
-аэрозоль о-ксилола	68	81	65	68	71	77	83
Водоупорность, мм. вод. ст.	925	879	390	424	492	442	512
Гигроскопичность, %	3,41	3,95	6,0	4,05	3,99	4,76	4,71
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с	7,9	8,4	27,4	15,4	16,5	13,2	11,5

Результаты исследований показали, что все ткани имеют непроницаемую масло-, водо-, нефтеотгаливающую и кислото-стойкую отделку лицевой стороны, что снижает паропроницаемость и воздухопроницаемость и повышает непроницаемость и упорность тканей. По толщине образцы тканей отличаются незначительно. По поверхностной плотности отечественные ткани на 25-100 г/м² легче импортных, что обеспечит физиолого-психологический комфорт защитной спецодежды.

Наибольшей прочностью обладают ткани с большим содержанием химических волокон, особенно арамидных. Однако ткани, содержащие хлопок, на 1-2% более гигроскопичны. По прочностным свойствам все ткани отвечают нормативным

требованиям ГОСТ 12.4.279-2014. За счет огнезащитной отделки все образцы характеризуются высокой огнестойкостью.

По показателю сопротивления прониканию токсичных веществ, аммиака и о-ксилола все ткани обеспечивают 2 класс защиты (>30 мин, но не более 60 мин), то есть допускается ограниченное (менее 60 мин) использование спецодежды из этих материалов в опасной зоне производства, содержащей аэрозоли и газообразные вещества. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на разработку структуры и исследование свойств новых многослойных материалов для средств защиты от токсичных химических веществ, обеспечивающих длительное (не менее 6 часов) пребывание в спецодежде в опасной зоне.

Результаты исследования свойств мембран, выбранных в качестве объектов исследования, показали, что свойства мембран зависят как от природы мембранообразующего полимера, так и от их структу-

ры, прежде всего толщины и пористости (табл. 2 – основные характеристики структуры и свойств мембран промышленного производства).

Т а б л и ц а 2

Наименование показателей	Мембраны для многослойного материала							
	PUM Alova	PUM Sympatex	МПА 6.6-1	МПА 6.6-2	ПТФЭ Parel	ПТФЭ Suomy	PET Ultrasil	PET Dermizax
Толщина, мкм	18	20	19	21	22	26	19	22
Средний диаметр пор, мкм	0,21	беспо-р-вая	0,25	беспо-р-вая	0,29	беспо-р-вая	0,34	беспо-р-вая
Поверхностная плотность, г/м ²	9,5	11,6	10,3	13,6	11,9	14,3	10,6	11,9
Паропроницаемость водяных паров, г/м ² , за 24 ч	8208	3925	6550	2852	8484	3921	7445	3338
Время защитного действия по капле токсичного вещества о-ксилола, мин	52,0	109,50	55,35	130,20	56,11	124,08	55,55	131,42
Время защитного действия по парам токсичного вещества аммиака конц. 50 мг/л, мин	9,10	31,25	7,50	33,15	6,21	35,46	5,11	37,28
Разрывная нагрузка, Н	266	425	221	438	243	448	230	485
Прочность при раздирании, Н	13,8	14,4	13,7	14,9	14,0	14,8	13,1	14,2

П р и м е ч а н и е. PUM – полиуретановая мембрана; ПТФЭ – политетрафторэтиленовая мембрана; МПА – мембрана из полиамида 6.6; PET – мембрана из полиэтилентерефталата.

Поровые мембраны обеспечивают время защитного действия от капель токсичного вещества о-ксилола – 52-56 мин (в соответствии с ГОСТ 12.4.259-2014 для изделий одноразового пользования этот показатель должен быть более 30 мин, для изделий многократного применения – более 360 мин). Все поровые мембраны характеризуются низким показателем времени защитного действия от паров токсичного вещества аммиака (концентрация 0,05 мг/л) – менее 10 минут (по ГОСТ 12.4.279 должно быть >10 мин), поэтому они сами по себе не представляют интереса для изготовления даже одноразовой химзащитной спецодежды.

Беспоровые мембраны в 3-4 раза дольше сопротивляются проницаемости аммиака и обеспечивают защиту в течение 31-37 мин и в 2-2,5 раза – о-ксилолу, поэтому с учетом требований ГОСТ 12.4.279-2014 все четыре беспоровые мембраны можно использовать для изготовления химзащитной спецодежды.

Поровые мембраны характеризуются хорошей паропроницаемостью, и лучшие по этому показателю полиуретановая мембрана PUM Alova и политетрафторэтиленовая ПТФЭ Parel. Беспоровые мембраны по показателю паропроницаемости отвечают требованиям ГОСТ 12.4.279-2014 (более 1800 г/м² за 24 ч).

По прочностным характеристикам беспоровые мембраны в 1,5 раза превосходят поровые (по прочности при растяжении). Однако все мембраны по показателю прочности при раздирании не отвечают требованию – более 5 Н, поэтому мембраны необходимо защищать. Эту функцию в многослойной структуре химзащитного материала выполняют термоклеевые прокладочные материалы (ТКПМ), которые широко применяются в производстве одежды [10], [11]. Характеристики структуры и свойств выбранных для исследования клеевых прокладочных материалов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование показателя	Термоклеевые прокладочные материалы		
	Трикотаж арт. 481L (Турция)	Ткань арт. 51РА (Китай)	Нетканое полотно арт. 95АТ (Тайвань)
Поверхностная плотность, г/м ²	85	90	95
Волокнистый состав, %	60 полиэфир, 40 вискоза	40 вискоза, 60 полиэфир	50 хлопок, 50 полиэфир
Вид клеевого покрытия	нить полиамид	порошок полиамид	порошок полиамид
Температура плавления, °С	95-105	100-110	100-110
Стойкость к истиранию, цикл	800	2400	1050
Паропроницаемость, г/м ² , за 24 часа	19100	4700	3500
Разрывная нагрузка, Н, по длине / ширине	258,5/249,3	361,7/356,4	121,8/122,9
Разрывное удлинение, %, по длине / ширине	80,3/82,8	39,2/35,0	20,5/19,7

Выбор ТКПМ с полиамидным адгезивом обусловлен его высокой устойчивостью к воздействию многих химических веществ [12]. Наибольшей прочностью при растяжении характеризуются ТКПМ на тканой основе. При этом все прокладочные материалы отвечают требованиям ГОСТ 25441 [13].

Многослойная структура нового материала включала (рис. 1 – Структура многослойного материала для химзащитной спецодежды): 1 слой – ткань с химически стойкой отделкой (см. табл. 1); 2 слой – клеевой адгезив – паутинка полиамидная поверхностной плотности 20 г/м² – для соединения 1 и 3 слоя; 3 слой – мембрана беспоровая (см. табл. 2) и 4 слой – клеевой прокладочный материал (см. табл. 3).

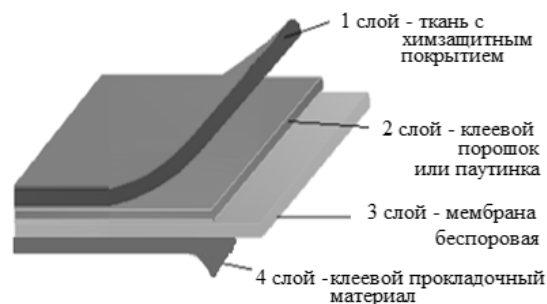


Рис. 1

Структура и свойства полученных многослойных полотен представлены в табл. 4 (характеристики структуры и свойств разработанных многослойных материалов для защиты от химически опасных агрессивных сред).

Таблица 4

Номер образца Структура многослойного материала	Показатели свойств							
	δ, мм	M _S , г/м ²	τ _{окс} , мин	τ _{ам} , мин	КС, %	P _p , Н, основа/уток	P _{разд} , Н, ос- нова/ уток	V _h , г/м ² за 24 ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ОБРАЗЕЦ №1 1 – Грета арт. 4С5-КВ 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – мембрана ПТФЕ Suomy 4 – ТКПМ арт. 51РА	1,12	346	471	395	10,3	1975/1789	161/137	1625
ОБРАЗЕЦ №2 1 – Грета арт. 4С5-КВ 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – мембрана PUM Symptex 4 – ТКПМ арт. 51РА	1,11	345	437	387	11,9	1898/1695	160/129	1685
ОБРАЗЕЦ №3 1 – Грета арт. 4С5-КВ 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – мембрана МПА 6.6-2 4 – ТКПМ арт. 51РА	1,07	395	469	391	10,2	1699/1572	169/132	1621

<i>ОБРАЗЕЦ №4</i> 1 – Грета арт. 4С5-КВ 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – мембрана PET Dermizax 4 – ТКПМ арт. 51РА	1,08	400	442	383	9,1	1645/1531	155/128	1698
<i>ОБРАЗЕЦ №5</i> 1 – Премьер Standard 250 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – PET Dermizax 4 – ткань арт. 51РА	1,11	380	360	195	9,8	2480/2105	169/152	1654
<i>ОБРАЗЕЦ №6</i> 1 – Премьер Standard 250 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – МПА 6.6-2 4 – ткань арт. 51РА	1,12	382	360	190	10,1	2398/2087	153/148	1690
<i>ОБРАЗЕЦ №7</i> 1 – Премьер Standard 250 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – PUM Sympatex 4 – ткань арт. 51РА	1,10	381	320	188	10,9	2265/2012	151/145	1710
<i>ОБРАЗЕЦ №8</i> 1 – YL-C/C 27511-1 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – PET Dermizax 4 – ткань арт. 51РА	1,07	405	360	190	13,9	1654/1542	120/98	1710
<i>ОБРАЗЕЦ №9</i> 1 – YL-C/C 27511-1 2 – паутинка арт. 1С8D 3 – МПА 6.6-2 4 – ткань арт. 51РА	1,07	395	360	185	13,2	1699/1572	114/102	1701

Примечания. M_s – поверхностная плотность; δ – толщина; $\tau_{окс}$ – время защитного действия по капле токсичного вещества о-ксилола; $\tau_{ам}$ – время защитного действия по парам аммиака концентрацией 50 мг/л; КС – кислотостойкость, % потери прочности после обработки 80% серной кислотой; P_p – разрывная нагрузка; $P_{разд}$ – прочность при раздирании; V_h – паропроницаемость водяных паров.

Соединение слоев многослойной структуры осуществляли на прессе проходного типа ПГУ 12112 при условиях: увлажнение 10%, давление 0,03...0,04 МПа, время дублирования – 20...25 с при температуре 135...140°C.

Результаты исследования физико-механических свойств разработанных многослойных материалов показали, что все образцы материалов характеризуются высокой прочностью при растяжении до разрыва (1975...1531 Н) и устойчивостью к раздиранию (169...128 Н) (табл. 4). После испытания 80% раствором серной кислоты прочность материалов снижается на 9,1...11,9%, что отвечает требованию ГОСТ 12.4.251-2013 (снижение допуска-

ется менее 15%) и подтверждает кислотостойкость разработанных многослойных материалов.

По показателю сопротивления прониканию жидкого токсичного вещества о-ксилола (табл. 4) все многослойные материалы обеспечивают 6 класс защиты (>360 мин). При этом отмечено, что образцы с политетрафторэтиленовой и полиамидной мембраной на 7...12% более устойчивы к прониканию жидкого токсичного вещества о-ксилола по сравнению с полиуретановыми и полиэфирными мембранами. Материалы с полиуретановой мембраной обеспечивают надежную защиту в течение 320 мин, что соответствует 5 классу защиты (более 240 мин, но менее 360 мин). Время защитного

действия по парам аммиака для всех образцов в пределах 180-195 мин, что соответствует 4 классу защиты (более 120 мин, но менее 240 мин). Разработанные материалы характеризуются несколько возросшей жесткостью – 5-8 сН (рис. 2 – жесткость при изгибе разработанных многослойных материалов для химзащиты: а – по основе, б – по утку).

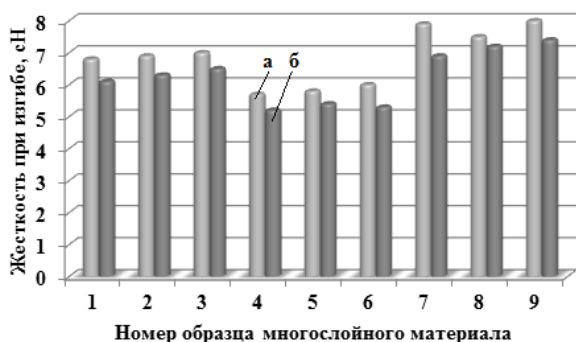


Рис. 2

За счет введения в структуру материала химзащиты беспоровой мембраны паропроницаемость снижается более чем в 2 раза и находится в пределах 1650-1710 г/м² за 24 часа. Воздухопроницаемость всех образцов – менее 7 дм³/м²с, что нужно учитывать при разработке конструкции и технологии изготовления спецодежды.

Используя теорию подобия и анализа размерностей [14], получили функциональную зависимость проницаемости опасных химических веществ от основных параметров структуры и свойств текстильного материала:

$$V_{\text{хим}} = \frac{d^8 V_h \rho P_p P_{\text{рас}} M_s V_H}{V_H^2 P_{\text{пр}}^4}, \quad (1)$$

где $V_{\text{хим}}$ – сопротивление проницаемости химического вещества, с; V_h – паропроницаемость, г/(м²·с); ρ – плотность ткани, кг/м³; d – толщина ткани, м; P_p – разрывная нагрузка, Н; $P_{\text{пр}}$ – сопротивление проколу, Н; $P_{\text{рас}}$ – прочность расслаивания слоев материала, Н/см; V_H – водоупорность, Па; M_s – поверхностная плотность материала, г/м²; V_H – намокаемость материала, г/м².

Полученная зависимость позволяет оценить стойкость к проницаемости опасных

веществ, а также прогнозировать изменение проницаемости в результате эксплуатации изделий и потери первоначальных свойств химзащитных тканей.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана структура и исследованы свойства многослойных материалов, которые характеризуются высокой прочностью и обеспечивают 6 класс защиты по сопротивлению прониканию жидкого о-ксилола и паров аммиака, что позволяет полученные многослойные материалы рекомендовать для производства спецодежды для защиты от химически токсичных веществ. Все образцы материалов характеризуются высокой прочностью при растяжении и раздирании, а также высокой кислотостойкостью – после испытания 80% раствором серной кислоты прочность материалов снижается лишь на 9...12%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркалова Н.Ю. СИЗ в химической промышленности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sout-pmf.nethouse.ru/articles/254712>
2. Патент 0432492 EP, МПК8D06 N7/00, D06 N3/18. Protective clothing, in particular heat-resistant, protective garment against chemicals / Altinger Winfried. – №EP19900121771; заявл. 12.03.90; опубл. 19.06.92.
3. Сухова А.А. Разработка многослойного полимерно-текстильного материала для средств индивидуальной защиты от поражающих факторов химической и тепловой природы: дис. ... канд. техн. наук 05.19.01. Казань: КНИТУ, 2017. 149 с.
4. Патент 2445140. Функциональный защитный материал с мембраной, имеющей реакционноспособное внешнее покрытие, и изготовленная из него защитная одежда / Ф.Х. Блюхер, Б. Берингер. – №2010132646/05; заявл. 03.11.2008; опубл. 20.03.2012.
5. Патент 2418680 РФ. Многослойный универсальный защитный материал / Р.Х. Фатхутдинов, И.И. Шергина, В.В. Гайдай, Г.Ф. Гимадиева, Л.Э. Зарипова, Л.М. Лазарева, В.В. Уваев. – №2009136836/05; заявл. 05.10.2009; опубл. 20.05.2011.
6. Патент 5119515 США, МПК8D06 N7/00, D06 N3/18. Article of Protective clothing, in particular protective suit, providing protection heat and chemicals / Altinger Winfried. – №19900613040; заявл. 10.08.90; опубл. 09.06.92.

7. Бесшапошникова В.И., Климова Н.А., Ковалева Н.Е., Логинова Е.А. Научные основы проницаемости и технологии текстильных мембранных материалов: монография. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. 203 с.

8. Бесшапошникова В.И., Ковалева Н.Е., Логинова Е.А. Научные основы проектирования материалов и изделий специального назначения: монография. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. 220 с.

9. ГОСТ 12.4.279-2014 (EN 14325:2004). Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от химических веществ. Классификация, технические требования, методы испытаний и маркировка.

10. Worst P. Worst P. Fusing and interlining matters // Text. Technol. Dig. 1995. V.52. №8. P. 42...48.

11. Ассортимент клеевых лент, кромок и сеток фирмы «Хензель – Текстиль» // Швейная пром-сть. 2003. №4. С. 31...32.

12. Куликова Т.В., Ковалева Н.Е., Бесшапошникова В.И., Штейнле В.А., Смирнова Н.А. Повышение прочности клеевых соединений текстильных материалов для производства швейных изделий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2008. №5. С. 76...78.

13. ГОСТ 25441-90. Полотна клеевые прокладочные. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 1990.

14. Шустов Ю.С. Методы подбора и размерности в текстильной промышленности: монография. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002. 191 с.

4. Patent 2445140. Functional protective material with a membrane having a reactive outer coating and protective clothing made from it / F.Kh. Blucher, B. Behringer // application №2010132646.05; dec. 03.11.2008; publ. 03.20.2012.

5. Patent 2418680 RF. Multilayer universal protective material / R.Kh. Fatkhutdinov, I.I. Shergina, V.V. Gaidai, G.F. Gimadieva, L.E. Zaripova, L.M. Lazareva, V.V. Uvaev // application №2009136836/05; dec. 05.10.2009; publ. 20.05. 2011.

6. Patent 5119515 USA, IPC8D06 N7/00, D06 N3/18. Article of Protective clothing, in particular protective suit, providing protection heat and chemicals [Text] / Altinger Winfried // application №19900613040; dec. 08.10.90; publ.09.06.92.

7. Besshaposhnikova V.I., Klimova N.A., Kovaleva N.E., Loginova E.A. Scientific basis of permeability and technology of textile membrane materials: monograph. M.: RGU im. A.N. Kosygin, 2021. 203 p.

8. Besshaposhnikova V.I., Kovaleva N.E., Loginova E.A. Scientific basis for the design of materials and special-purpose products: monograph. M.: RGU im. A.N. Kosygin, 2022. 220 p.

9. GOST 12.4.279-2014 (EN 14325:2004). System of labor safety standards. Clothing special for protection against chemicals. Classification, technical requirements, test methods and marking.

10. Worst P. Worst P. Fusing and interlining matters // Text. Technol. Dig. 1995. V.52. №8. P. 42...48.

11. Assortment of adhesive tapes, edges and nets of the Hensel-Tekstil company // Sewing industry. 2003. № 4. P. 31...32.

12. Kulikova T.V., Kovaleva N.E., Besshaposhnikova V.I., Shteinle V.A., Smirnova N.A. Increasing the strength of adhesive joints of textile materials for the production of garments // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2008. №5. P. 76...78.

13. GOST 25441-90. Glued gasket sheets. General specifications. M.: Publishing house of standards, 1990.

14. Shustov Yu.S. Methods of similarity and dimension in the textile industry: monograph. M.: MSTU im. A.N. Kosygin, 2002. 191 p.

REFERENCES

1. Barkalova N.Yu. PPE in the chemical industry [Electronic resource]. - Access mode: <https://soutpmf.nethouse.ru/articles/254712>

2. Patent 0432492 EP, IPC8D06 N7/00, D06 N3/18. Protective clothing, in particular heat-resistant, protective garment against chemicals [Text] / Altinger Winfried // application №EP19900121771; dec. 03/12/90; publ.: 19.06.92.

3. Sukhova A.A. Development of a multilayer polymer-textile material for individual protection against damaging factors of a chemical and thermal nature: dissertation of Candidate of Technical Sciences 05.19.01. Kazan: KNRTU, 2017. 149 p.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 02.02.23.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ
НЕТКАНЫХ АГРОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ СВЕТОПОГОДЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ДЕЙСТВИЯ
ИСКУССТВЕННОЙ ИНСОЛЯЦИИ**

**PREDICTION OF THE BREAKING LOAD OF NON-WOVEN
AGRO-TEXTILE MATERIALS AFTER EXPOSURE TO NATURAL LIGHT
WEATHER DEPENDING ON THE TIME OF ARTIFICIAL INSOLATION**

А.В. КУРДЕНКОВА, М.М. БОНДАРЧУК, Я.И. БУЛАНОВ, Е.В. ГРЯЗНОВА
A.V. KURDENKOVA, M.M. BONDARCHUK, YA.I. BULANOV, E.V. GRYZANOVA

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: kurdenkova-av@rguk.ru

Российский рынок нетканых агротехнических материалов имеет большой потенциал для дальнейшего развития. Нетканые агротехнические полотна используются в качестве укрывных материалов, поэтому основным фактором износа для них является действие светопогоды. Механические свойства нетканых агротехнических полотен определяют их надежность в процессе эксплуатации. Поэтому изучение и прогнозирование механических свойств после действия светопогоды является актуальной задачей при исследовании нетканых агротехнических материалов. Для прогнозирования свойств нетканых материалов целесообразно применять теорию подобия, так как ее теоремы устанавливают необходимые и достаточные условия подобия систем и возможность преобразования функциональной зависимости между физическими параметрами в критериальное уравнение. Вид критериального уравнения может быть получен методом анализа размерностей. В работе проведено исследование влияния искусственной и естественной светопогоды на разрывную нагрузку нетканых агротекстильных материалов. Установлена взаимосвязь между временем инсоляции в естественных и искусственных условиях. На основе теории подобия и анализа размерностей получена математическая модель, позволяющая прогнозировать разрывную нагрузку нетканых агротекстильных материалов после действия естественной светопогоды в зависимости от времени действия искусственной инсоляции.

The Russian market of nonwoven agricultural materials has great potential for further development. Non-woven agricultural fabrics are used as covering materials, so the main wear factor for them is the effect of light weather. The mechanical properties of non-woven agricultural fabrics determine their reliability during operation. Therefore, the study and prediction of mechanical properties after the action of light weather is an urgent task in the study of nonwoven agricultural materials. To predict the properties of nonwoven materials, it is advisable to apply the theory of similarity, since its theorems establish the necessary and sufficient conditions for the similarity of systems and the possibility of functional dependence transforming between physical parameters into a criterion equation. The form of the criterion

equation can be obtained by the analysis of dimensions. In the work, a study was made of the effect of artificial and natural light weather on the breaking load of non-woven agrotextile materials. The relationship between the time of insolation in natural and artificial conditions has been established. Based on the theory of similarity and analysis of dimensions, a mathematical model has been obtained that makes it possible to predict the breaking load of non-woven agrotextile materials after the action of natural light weather depending on the duration of artificial insolation.

Ключевые слова: нетканые агротекстильные материалы, термоскрепленные нетканые материалы, разрывная нагрузка, естественная светопогода, искусственная светопогода, прогнозирование, теория подобия, метод анализа размерностей.

Keywords: nonwoven agrotextiles, thermally bonded nonwovens, breaking load, natural light weather, artificial light weather, prediction, similarity theory, dimensional analysis method.

В последние годы во всем мире растет озабоченность по поводу утилизации текстильных отходов. Так, их ежегодный мировой объем, включая нераспроданную одежду, по данным экспертов достигает 92 млн тонн, а к 2030 году ожидается 134 млн тонн. Наиболее эффективным способом обработки отходов является их переработка. Существующие на сегодняшний день в мире технологии теоретически позволяют переработать и использовать вторично до 95% текстильных отходов, однако фактически доля составляет не более 13 %, а в производстве одежды используется не более 1% вторичных материалов. В настоящее время большая часть вторичной переработки заключается в передаче обработанных отходов в другие отрасли промышленности и использовании при изготовлении менее дорогостоящей продукции, которая далее, как правило, переработке не подлежит.

Все текстильные материалы независимо от своего назначения в процессе эксплуатации подвергаются различным внешним воздействиям, в том числе и светопогоды, что особенно актуально для нетканых геотекстильных материалов при оценке их качества. Совершенствование качества требует, прежде всего, знания свойств самих текстильных материалов, умения правильно и объективно измерять, оценивать и

контролировать показатели качества. Следовательно, главной задачей для работников текстильной промышленности является повышение качества выпускаемой продукции на всех стадиях ее проектирования и производства, а также сохранение качества при эксплуатации [1...6].

В качестве объектов исследования были выбраны 15 образцов термоскрепленных нетканых материалов агротехнического назначения. Образцы были выработаны из полипропилена и отличались поверхностной плотностью, а также процентным содержанием светостабилизатора фирмы Clariant.

Испытания в естественных условиях проводят путем выдерживания пробы на крыше или специальной площадке, расположенных под углом 45° к горизонту в южном направлении.

Для инсоляции в искусственных условиях использовался прибор дневного света ПДС.

Для выявления соответствия времени действия светопогоды на нетканые материалы проведем расчет разрывной нагрузки с учетом длительности действия природных условий и светопогоды на приборе дневного света ПДС.

В качестве основных параметров, оказывающих влияние на разрывную нагрузку нетканых материалов после действия естественной светопогоды, выберем

$$P_p = \eta = f(P_{p \text{ исх}}, C, T(t), T_v, \rho_v, M')$$

где P_p – разрывная нагрузка нетканого полотна после действия естественной светопогоды, кгс;

$P_{\text{исх}}$ – разрывная нагрузка нетканого полотна до воздействия, кгс;

T – длительность действия естественной светопогоды, мес.;

t – длительность действия искусственной светопогоды, ч;

C – количество светостабилизатора, %;

T_v – линейная плотность волокна, текс:
 $T_v = 0,24$ текс;

ρ_v – плотность волокна, г/см³:
 $\rho_v = 0,92$ г/см³;

M' – поверхностная плотность нетканого полотна, г/м².

Для сравнения степени влияния естественной и искусственной светопогоды на нетканые материалы на приборе дневного света ПДС получены зависимости разрывной нагрузки от длительности действия инсоляции (рис. 1).

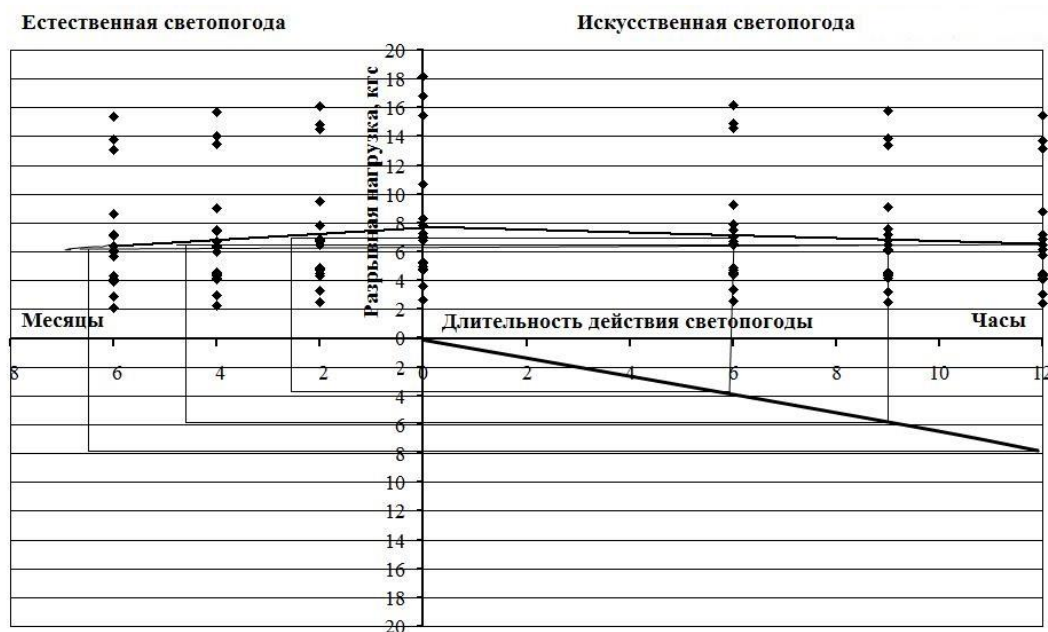


Рис. 1

Из графиков видно, что зависимость разрывной нагрузки нетканых материалов от длительности действия искусственной и естественной светопогоды с высокой степенью точности определяется линейной функцией следующего вида:

$$y = ax + b,$$

где y – разрывная нагрузка, кгс; x – длительность действия светопогоды, ч или мес.

Используя зависимости разрывной нагрузки нетканых материалов от длительности действия искусственной и естественной светопогоды, можно определить необходимое время испытаний в естественных

природных условиях и соответствующее им время на приборе дневного света ПДС.

При заданной разрывной нагрузке или разрывному удлинению, полученным после действия естественной светопогоды при различных интервалах времени, проведя прямые, получим разрывную нагрузку после действия светопогоды на приборе дневного света ПДС. Можно отметить, что результаты испытаний для каждого полотна соответствуют уравнениям прямой, однако эти функциональные зависимости имеют разные коэффициенты и графики находятся на расстоянии друг от друга. Для проведения расчетов получим уравнение прямой, соответствующее средним значениям разрыв-

ной нагрузки после действия естественной и искусственной светопогоды. Далее в расчетах используем усредненные зависимости разрывной нагрузки от длительности действия инсоляции. Проведя перпендикулярную прямую на ось, соответствующую длительности действия светопогоды, получим время действия светопогоды на приборе дневного света ПДС, необходимое для получения разрывной нагрузки, соответствующей действию естественной светопогоды. Далее строим зависимости полученного времени действия искусственной светопогоды при заданной разрывной нагрузке для естественных условий. Данная зависимость с высокой степенью точности определяется линейной функцией следующего вида:

$$T = 0,535 \cdot t + 0,101,$$

где t – время действия светопогоды на приборе дневного света ПДС, ч.

На прочность нетканых материалов будут оказывать влияние не только структур-

ные характеристики, но и процентное содержание светостабилизатора, который вводится в состав полимера, а также длительность действия светопогоды. Примем процентное содержание светостабилизатора и время инсоляции как изначально безразмерные величины. Применяя теорию подобия и анализа размерностей, получим $\frac{CTT_B M'}{\rho_B}$. Тогда с учетом полученного безразмерного комплекса функциональная зависимость для расчета разрывной нагрузки примет вид

$$P_{p \text{ расч}} = \frac{P_p}{P_{исх}} = f\left(\frac{CTT_B M'}{\rho_B}\right) = f\left(\frac{C(0,535t + 0,101)T_B M'}{\rho_B}\right).$$

Результаты расчета разрывной нагрузки нетканых материалов после действия естественной светопогоды с учетом длительности искусственной инсоляции приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

t, часы	T, месяцы	C, %	M', г/м ²	$\frac{C \cdot T \cdot T_B \cdot M'}{\rho_B}$	P _p , кгс	P _{исх} , кгс	P _p /P _{исх}	P _{расч} , кгс	Отклонение, %
0	0,10	2,0	43,0	3,365	8,3	8,3	1,000	8,3	0,35
6	3,31			96,470	7,8		0,940	7,4	5,60
9	4,92			189,574	7,5		0,904	7,3	3,11
12	6,52			282,678	7,2		0,867	7,2	0,01
0	0,10	2,5	41,4	4,050	7,8	7,8	1,000	7,7	0,96
6	3,31			116,100	6,9		0,885	6,9	0,33
9	4,92			228,150	6,7		0,859	6,8	1,30
12	6,52			340,200	6,4		0,821	6,7	5,06
0	0,10	3,0	36,9	4,332	6,8	6,8	1,000	6,7	1,19
6	3,31			124,177	6,3		0,926	6,0	5,05
9	4,92			244,021	6		0,882	5,9	1,60
12	6,52			363,866	5,7		0,838	5,8	2,61
0	0,10	1,5	29,6	1,737	5	5,0	1,000	5,1	1,87
6	3,31			49,805	4,8		0,960	4,5	5,53
9	4,92			97,873	4,6		0,920	4,5	2,71
12	6,52			145,941	4,1		0,820	4,4	8,13
0	0,10	2,0	77,7	6,081	15,5	15,5	1,000	15,1	2,30
6	3,31			174,318	14,5		0,935	13,5	7,02
9	4,92			342,556	13,5		0,871	13,3	1,43
12	6,52			510,793	13,1		0,845	13,2	0,62
0	0,10	1,5	89,7	5,265	16,8	16,8	1,000	16,5	1,83
6	3,31			150,930	14,8		0,881	14,7	0,79
9	4,92			296,595	14,0		0,833	14,5	3,51
12	6,52			442,260	13,8		0,821	14,4	4,03
0	0,10	3,0	112,3	13,183	18,2	18,2	1,000	17,3	4,78
6	3,31			377,914	16,1		0,885	15,4	4,17
9	4,92			742,645	15,7		0,863	15,2	3,01
12	6,52			1107,376	15,4		0,846	15,1	2,05

0	0,10	1,5	29,0	1,702	4,7	4,7	1,000	4,8	1,94
6	3,31			48,796	4,4		0,936	4,3	3,06
9	4,92			95,889	4,1		0,872	4,2	2,67
12	6,52			142,983	3,9		0,830	4,2	6,93
0	0,10	2,0	29,2	2,285	4,8	4,8	1,000	4,8	0,94
6	3,31			65,510	4,5		0,938	4,3	4,14
9	4,92			128,734	4,3		0,896	4,3	1,00
12	6,52			191,958	4,0		0,833	4,2	5,43
0	0,10	2,5	30,0	2,935	5,2	5,2	1,000	5,2	0,10
6	3,31			84,130	4,9		0,942	4,6	5,42
9	4,92			165,326	4,5		0,865	4,6	1,64
12	6,52			246,522	4,3		0,827	4,5	5,37
0	0,10	2,0	38,9	3,044	7,3	7,3	1,000	7,3	0,02
6	3,31			87,271	6,8		0,932	6,5	4,44
9	4,92			171,498	6,4		0,877	6,4	0,20
12	6,52			255,725	6,1		0,836	6,4	4,15
0	0,10	2,5	41,8	4,089	8,3	8,3	1,000	8,2	1,00
6	3,31			117,222	7,8		0,940	7,3	6,21
9	4,92			230,354	7,4		0,892	7,2	2,43
12	6,52			343,487	7,1		0,855	7,2	0,74
0	0,10	2,0	29,1	2,277	4,8	4,8	1,000	4,8	0,95
6	3,31			65,285	4,5		0,938	4,3	4,13
9	4,92			128,293	4,2		0,875	4,3	1,37
12	6,52			191,301	3,9		0,813	4,2	8,15
0	0,10	3,5	30,6	4,191	5,0	5,0	1,000	4,9	1,08
6	3,31			120,138	4,7		0,940	4,4	6,31
9	4,92			236,086	4,5		0,900	4,3	3,42
12	6,52			352,033	4,3		0,860	4,3	0,12
0	0,10	3,5	37,6	5,150	7,0	7,0	1,000	6,9	1,75
6	3,31			147,621	6,5		0,929	6,1	5,80
9	4,92			290,092	6,3		0,900	6,0	4,08
12	6,52			432,563	6,0		0,857	6,0	0,23
0	0,10	1,5	60,0	3,522	10,7	10,7	1,000	10,6	0,50
6	3,31			100,957	9,5		0,888	9,5	0,23
9	4,92			198,391	9,0		0,841	9,4	3,94
12	6,52			295,826	8,6		0,804	9,3	7,75
0	0,10	1,5	42,0	2,465	5,3	5,3	1,000	5,3	0,69
6	3,31			70,670	4,9		0,925	4,8	3,04
9	4,92			138,874	4,4		0,830	4,7	6,56
12	6,52			207,078	4,3		0,811	4,6	8,02
0	0,10	1,5	30,0	1,761	3,6	3,6	1,000	3,7	1,82
6	3,31			50,478	3,3		0,917	3,3	1,11
9	4,92			99,196	3,1		0,861	3,2	3,89
12	6,52			147,913	3,0		0,833	3,2	6,35
0	0,10	1,5	17,0	0,998	2,7	2,7	1,000	2,8	3,77
6	3,31			28,604	2,5		0,926	2,5	0,23
9	4,92			56,211	2,4		0,889	2,5	2,57
12	6,52			83,817	2,3		0,852	2,4	6,03

Функциональная зависимость для расчета разрывной нагрузки после действия искусственной светопогоды имеет вид (рис. 2)

$$P_{\text{расч}} = \frac{P_p}{P_{\text{исх}}} = 1,024 \left(\frac{C(0,535t + 0,101)T_B M'}{\rho_B} \right)^{-0,0333}$$

Таким образом, итоговая формула для расчета разрывной нагрузки нетканых полотен имеет вид

$$P_{\text{расч}} = 1,024 P_{\text{исх}} \left(\frac{C(0,535t + 0,101)T_B M'}{\rho_B} \right)^{-0,0333}$$

Формула справедлива при условии

$$0,998 \leq \frac{C \cdot (2,075 \cdot T + 0,150) \cdot T_B \cdot M'}{\rho_B} \leq 1107,376.$$

Отклонение расчетных значений от экспериментальных не превышает 8,15%.

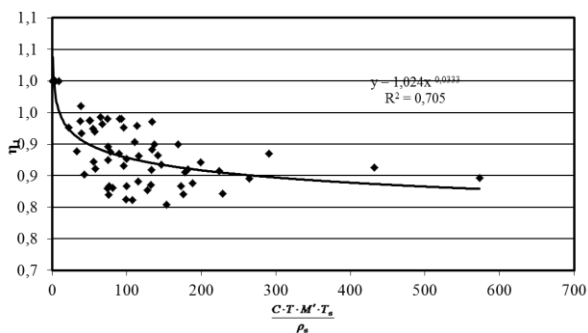


Рис. 2

ВЫВОДЫ

Применение теории подобия и анализа размерностей позволяет получить математическую модель для расчета разрывной нагрузки нетканых агротекстильных полотен после действия естественной светопогоды в зависимости от времени действия искусственной инсоляции и параметров строения образцов. Данная формула показывает достаточно высокую точность расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Есиркепова А.М., Дуйсембекова Г.Р., Сабенова Б.Н., Балабекова Д.Б., Кудайбергенова З.У.* Современные тенденции и перспективы развития мирового производства и потребления нетканых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 3 (387). С. 75...83.

2. *Лысова М.А., Онипченко Н.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.* Построение методики оценки результативности системы менеджмента качества предприятия по производству геотекстильных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1 (403). С. 32...40.

3. *Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Люкшинова И.В., Бызова Е.В.* Прогнозирование нагрузки при прорезании термоскрепленных нетканых материалов после искусственной инсоляции // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. № 5 (341). С. 23...25.

4. *Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гойс Т.О., Гусев Б.Н.* Прогнозирование нормативных значений показателей качества нетканых геотекстильных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 4 (400). С. 47...51.

5. *Кенжибаева Г.С., Сулейменова Т.Н., Иманкулова М.Н., Дайрабай Д.Д., Нышанбаева Ж.У., Сихимбаева М.Т.* Математическое моделирование влияния технологических параметров на процесс изготовления нетканого полотна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 109...114.

6. *Дёмкина А.В., Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Воробьева Н.А.* Исследование механических свойств иглопробивных геотекстильных нетканых полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 2 (344). С. 33...35.

REFERENCES

1. *Esirkepova A.M., Duisembekova G.R., Sabenova B.N., Balabekova D.B., Kudaibergenova Z.U.* Modern trends and prospects for the development of world production and consumption of non-woven materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. No. 3 (387). Pp. 75-83.

2. *Lysova M.A., Onipchenko N.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.* Construction of a methodology for assessing the effectiveness of the quality management system of an enterprise for the production of geotextile fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 1 (403). Pp. 32-40.

3. *Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Lyukshinova I.V., Byzova E.V.* Forecasting the load during cutting of thermally bonded non-woven materials after artificial insolation // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 5 (341). Pp. 23-25.

4. *Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gois T.O., Gusev B.N.* Forecasting of normative values of indicators of quality of non-woven geotextile fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 4 (400). Pp. 47-51.

5. *Kenzhibaeva G.S., Suleimenova T.N., Imankulova M.N., Dairabai D.D., Nyshanbaeva Zh.U., Sihimbaeva M.T.* Mathematical modeling of the influence of technological parameters on the process of manufacturing non-woven fabric // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2 (398). Pp. 109-114.

6. *Demkina A.V., Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Vorobieva N.A.* Study of the mechanical properties of needle-punched geotextile non-woven fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2013. No. 2 (344). Pp. 33-35.

Рекомендована организационным комитетом IV Международного научно-практического симпозиума «Технический текстиль России: нетканые материалы, сырье, реинжиниринг». Поступила 07.03.23.

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИИ ВОЛОКОН ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ЛЬДА В ПОРАХ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ANALYSIS OF FIBER DEFORMATION DURING ICE FORMATION IN THE PORE OF GEOTEXTILE NONWOVEN MATERIALS

М.Ю. ТРЕЩАЛИН, Ю.М. ТРЕЩАЛИН

M.YU. TRESCHALIN, YU.M. TRESCHALIN

(Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова)

(Lomonosov Moscow State University)

E-mail: mtreschalin@mail.ru

В статье производится определение напряжений, возникающих в волокне, и, как следствие, деформации волокна при образовании льда в пространстве вокруг него. В результате анализа получены зависимости, описывающие напряженно-деформированное состояние структурных элементов, что позволит оценить возможность использования тех или иных видов волокон при изготовлении геотекстильных нетканых полотен.

The article defines the stresses that arise in the fiber and, as a result, the deformation of the fiber during the formation of ice in the space around it. As a result of the analysis, dependences were obtained that describe the stress-strain state of structural elements, which will allow us to evaluate the possibility of using certain types of fibers in the manufacture of geotextile nonwoven fabrics.

Ключевые слова: геотекстиль, нетканый материал, волокно, вода, лед, фазовый переход, макрообъем, напряжения, деформация, плотность, пористость.

Keywords: geotextile, non-woven material, fiber, water, ice, phase transition, macrovolume, stresses, deformation, density, porosity.

В настоящее время активно развивается производство высокоэффективных нетканых материалов многоцелевого назначения. Разработка новых видов таких материалов основана на рациональном выборе волокнистого состава и технологии изготовления.

Геотекстильный нетканый материал, расположенный в теле дорожной насыпи, выполняет в основном роль дренажной прослойки, обеспечивающей отвод из насыпи грунтовых и дождевых вод. В зимний период года фазовый переход воды при замерзании приводит к изменению ее теплофизических и механических свойств, а также увеличению объема. Если этот процесс

происходит в порах материала, можно предположить возникновение дополнительных напряжений в волокнах, что в свою очередь обуславливает изменение физико-механических свойств геотекстиля [1].

Целью исследования является определение напряжений, возникающих в волокне, и, как следствие, деформации волокна при образовании льда в пространстве вокруг него.

Динамика льдообразования может быть представлена следующим образом [2, 3]. Первоначально при достижении температуры 0°C на поверхности материала, находящегося в водонасыщенном состоянии,

происходит образование кристаллов льда, которые при дальнейшем уменьшении температуры срстаются в тонкую ледяную пленку. Процесс кристаллообразования наиболее интенсивно протекает в интервале температур от 0 до (-9) °С. При этом влага, заполняющая поровое пространство, увеличивает свой объем, что приводит к возникновению напряжений, в результате которых механические свойства волокон могут существенно изменяться. Необходимо отметить, что в момент фазового перехода воды в твердое состояние ее объем увеличивается на 9-10% [2].

С понижением температуры до (-10) – (-15) °С происходит рост кристаллов льда. Эти кристаллы раздвигают структурные элементы материала, а в отдельных случаях своими острыми гранями могут нанести механические повреждения волокнам.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что наибольшие напряжения возникают в материале при температурах 0 – (-10) °С, вследствие чего анализ напряженно-деформированного состояния следует провести в этом температурном диапазоне, что позволит оценить возможность использования тех или иных видов волокон при изготовлении геотекстильных нетканых полотен.

Достаточно высокая эластичность волокон позволяет пренебречь их сжимаемостью по длине, т.к. в результате приложения нагрузки (в данном случае замерзания воды) единичное волокно может иметь большую или меньшую извитость. Поэтому целесообразно рассмотреть совместные деформации нетканого материала на модели среды, состоящей из отдельных волокон, образующих ортогональную сетку по главным осям, и замерзшей воды. При этом предполагается, что волокна непосредственно друг с другом не взаимодействуют. Расчет возникающих напряжений производится при следующих условиях и допущениях:

- волокна имеют одинаковый диаметр и рассматриваются как ортотропная среда, а замерзшая вода – как изотропная;

- напряженно-деформированное состояние произвольного макрообъема нетканого материала в соответствии с принятой моде-

лью среды считается однородным в горизонтальном направлении, т.е. продольное расположение волокон совпадает с направлением главных осей;

- термическая деформация льда пренебрежимо мала по сравнению с расширением воды вследствие фазового перехода «вода-лед» (коэффициент термического расширения льда в диапазоне температур 0 – (-10) °С составляет $(52,6 - 33,9) \times 10^{-6}, 1/^\circ\text{C}$) [2]). Так как ортогонально направленные волокна равноправны по плотности расположения, свойствам, геометрическим размерам и т.п., то $E_1 = E_2 = E_3, \nu_{12} = \nu_{13} = \nu_{21} = \nu_{23} = \nu_{31} = \nu_{32} = \nu$.

Исходя из допущения, что волокна не взаимодействуют между собой, можно считать коэффициент Пуассона волокон $\nu = 0$. В случае одноосного сжатия $\epsilon_{22} = \epsilon_{33} = 0$.

Связь напряжений и деформаций, обусловленных термическим расширением, имеет вид [1]:

- для волокнистой структуры

$$\begin{cases} \epsilon_1 = \sigma_1/E_B + \alpha t; \\ \epsilon_2 = \epsilon_3 = \sigma_2/E_B + \alpha t = 0; \end{cases}$$

- для льда (предполагается, что $\sigma'_2 = \sigma'_3$)

$$\begin{cases} \epsilon'_1 = \frac{\sigma'_1 - 2\nu'\sigma'_2}{E'} + \alpha't \\ \epsilon'_2 = \epsilon'_3 = \frac{\sigma'_2 - \nu'(\sigma'_1 + \sigma'_2)}{E'} + A = 0, \end{cases}$$

где E_B, E' – соответственно модули упругости волокна и льда; α – температурный коэффициент линейного расширения волокна; $t = t_1 - t_0$ – интервал температур; ν' – коэффициент Пуассона льда; $A = (0,09 - 0,1)/3$ – деформация, обусловленная переходом воды в лед.

Без учета массовых сил

$$\sigma_1 S_B + \sigma'_1 S' = P_0(S_B + S'),$$

где S_B, S' – соответственно площади волокон и льда в рассматриваемом сечении $S_{\text{общ}} = S_B + S'$; P_0 – осредненное давление в выбранном сечении среды.

Пренебрегая давлением, получим условие равновесия:

$$\sigma_1 S_B + \sigma'_1 S' = 0,$$

или

$$[\sigma_1 S_B / (S_B + S')] + \sigma'_1 S' / (S_B + S') = 0,$$

или

$$\sigma_1 \gamma' + \sigma'_1 (1 - \gamma') = 0, \quad (1)$$

где $\gamma' = S_B / S_{\text{общ}} = \ell S_B / \ell S_{\text{общ}} = V'' / V_{\text{общ}}$ – доля волокон в рассматриваемой площади сечения среды.

Используя модель трехмерного ортогонального расположения волокон, можно предположить, что $V'' = V_B / 3$, т.е. в произвольно взятом сечении всегда имеется треть от общего числа волокон, находящихся в соответствующем макрообъеме среды.

$$\text{Тогда } \gamma' = V_B / 3 \cdot V_{\text{общ}} = \gamma / 3,$$

где $\gamma = V_B / V_{\text{общ}}$ – коэффициент объемного содержания волокон.

Преобразуя (1), получаем:

$$\sigma'_1 = \frac{-\sigma_1 \gamma'}{(1 - \gamma')} = \frac{-\sigma_1 \gamma}{[3(1 - \gamma/3)]} = -\sigma_1 \gamma / (3 - \gamma)$$

$$\text{или } \sigma_1 = -(3 - \gamma) \sigma'_1 / \gamma = \zeta \sigma'_1.$$

Тогда

$$\varepsilon_1 = (\zeta \sigma'_1 / E) + \alpha t.$$

Выражая σ'_2 через σ'_1 , получим

$$(\Psi P + \zeta \sigma'_1 / E) + \alpha t = (1/E') \{ \sigma'_1 - 2\nu' \{ [\nu' \sigma'_1 / (1 - \nu')] - [AE' / (1 - \nu')] \} \} + A;$$

$$\sigma'_1 \{ (\zeta/E) - (1/E') + 2\nu'^2 / [E'(1 - \nu')] \} = [2\nu' A / (1 - \nu')] + A - \alpha t - (\Psi P / E),$$

$$\sigma'_1 = \frac{[2 \cdot \nu' \cdot A / (1 - \nu')] + A - \alpha \cdot t - (\Psi \cdot P / E)}{(\zeta/E) - (1/E') + [2 \cdot \nu'^2 / E' \cdot (1 - \nu')]}, \quad (4)$$

$$\sigma_1 = \frac{\zeta \cdot [2 \cdot \nu' \cdot A / (1 - \nu')] + A - \alpha \cdot t - (\Psi \cdot P / E)}{(\zeta/E) - (1/E') + [2 \cdot \nu'^2 / E' \cdot (1 - \nu')]} \cdot \quad (5)$$

Выражения для σ_2 и σ'_2 одинаковы как при $P = 0$, так и при $P_0 = P \neq 0$:

$$\sigma'_2 = [\nu' \sigma'_1 / (1 - \nu')] - [AE' / (1 - \nu')];$$

$$\sigma_2 = -\alpha t E.$$

$$\sigma'_2 (1 - \nu') = \nu' \sigma'_1 - AE' =$$

$$= \nu' \sigma'_1 / (1 - \nu') - AE' / (1 - \nu').$$

Используя $\sigma_1 = \zeta \cdot \sigma'_1$ и приравнявая ε_1 для волокна и льда, получим

$$(\zeta \sigma'_1 / E) + \alpha t =$$

$$= (1/E') \left[\frac{\sigma'_1 - 2\nu' \nu' \sigma'_1}{1 - \nu'} - AE' / (1 - \nu') \right] + A.$$

Тогда

$$\sigma'_1 = \frac{[2\nu' A / (1 - \nu')] + A - \alpha t}{-[(3 - \gamma) / \gamma E] - (1/E') + [2\nu'^2 / E' (1 - \nu')]}, \quad (2)$$

$$\sigma_1 = \frac{-[(3 - \gamma) / \gamma] - \{ [2\nu' \cdot A / (1 - \nu')] + A - \alpha t \}}{-[(3 - \gamma) / \gamma E] - (1/E') + [2 \cdot \nu'^2 / E' (1 - \nu')]} \cdot \quad (3)$$

Зависимости (2) и (3) позволяют определить напряжения, возникающие в замерзшей воде σ'_1 и волокнах σ_1 для случая $P = 0$. Однако представляется целесообразным проанализировать вариант, когда $P_0 = P \neq 0$, что даст возможность получить достоверные результаты расчета σ_1 и σ'_1 .

Если $P_0 = P$, то

$$\sigma_1 S_B + \sigma'_1 S' = P(S_B + S')$$

или

$$\sigma_1 \gamma' + \sigma'_1 (1 - \gamma') = P.$$

Тогда

$$\sigma_1 = (P / \gamma') - [\sigma'_1 (1 - \gamma') / \gamma'] = \Psi P + \zeta \sigma'_1,$$

где $\Psi = 1 / \gamma'$.

По аналогии с предыдущим случаем

Характеристики льда в интервале температур от 0 до (-10) °C имеют следующие значения: $E' = 4 \times 10^3$ МПа, $\nu' = 0,34 - 0,36$ [2]. С учетом приведенных данных формулы (4) и (5) преобразуются к виду:

$$\sigma'_1 = \frac{10\alpha + 0.06884 - (\Psi P/E)}{(\zeta/E) - 0.1557692 \cdot 10^{-9}},$$

$$\sigma_1 = \Psi P + \frac{\zeta[10\alpha + 0.06884 - (\Psi P/E)]}{(\zeta/E) - 0.1557692 \cdot 10^{-9}},$$

$$\sigma'_2 = 0.53846\sigma'_1 - 0.203077 \cdot 10^{-9}.$$

При этом характеристики Ψ и ζ целесообразно выразить через пористость материала ξ :

$$\Psi = 1/\gamma' =$$

$$= 3/\gamma = 3/(V_B/V_{\text{общ}}) = 3/(1 - \xi);$$

$$\zeta = -(3 - \gamma)/\gamma = 1 - [3/(1 - \xi)].$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевников И.Г., Новицкий Л.А. Теплофизические свойства материалов при низких температурах. М.: Машиностроение, 1982. 328 с.

2. Богородский В.В., Гаврило В.П. Лед. Физические свойства. Современные методы гляциологии. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 384 с.

3. Киселев М.Ф. Теория сжимаемости оттаивающих грунтов под давлением. Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1978. 176 с.

REFERENCES

1. Kozhevnikov I.G., Novitsky L.A. Thermophysical properties of materials at low temperatures. M.: Mashinostroenie, 1982. 328 p.

2. Bogorodsky V.V., Gavrilov V.P. Ice. Physical properties. Modern methods of glaciology. L.: Gidrometeoizdat, 1980. 384 p.

3. Kiselev M.F. Theory of compressibility of thawing soils under pressure. L.: Stroyizdat, Leningrad. department, 1978. 176 p.

Рекомендована организационным комитетом IV Международного научно-практического симпозиума «Технический текстиль России: нетканые материалы, сырье, реинжиниринг». Поступила 07.03.23.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_104

АССОРТИМЕНТ И КЛАССИФИКАЦИЯ НЕТКАНЫХ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

RANGE AND CLASSIFICATION OF NON-WOVEN MEMBRANE MATERIALS USED IN CONSTRUCTION

Ю.С. ШУСТОВ, С.В. ПЛЕХАНОВА

YU.S. SHUSTOV, S.V. PLEKHANOVA

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

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

e-mail: 6145263@mail.ru

В статье приведена классификация мембранных строительных нетканых материалов. Исследованы основные разрывные характеристики наиболее часто используемых нетканых материалов Изоспан А и Изостронг В. Проведен анализ полученных результатов на соответствие нормальному закону распределения. Установлено, что Изоспан А обладает лучшими показателями по разрывной нагрузке и абсолютному удлинению в продольном и поперечном направлении, стойкости к проколу и продавливанию шариком. Гибкость рассматриваемых материалов примерно одинаковая.

The article provides a classification of membrane building non-woven materials. The main discontinuous characteristics of the most commonly used nonwoven materials Izospan A and Izostrong B were studied. The analysis of the obtained results for compliance with the normal distribution law was carried out. It has been established that Izospan A has the best performance in terms of breaking load and absolute elongation in the longitudinal and transverse directions, resistance to puncture and punching by the ball. The flexibility of the considered materials is approximately the same.

Ключевые слова: классификация, нетканые материалы, мембранные материалы, строительство, механические характеристики.

Keywords: classification, nonwoven materials, membrane materials, construction, mechanical characteristics.

Введение

Среди текстильных строительных материалов широкое распространение за последние годы получили нетканые гидропароизолирующие мембранные материалы.

Строительные мембраны – это современные сверхтонкие материалы, применяемые для защиты конструкций от влаги, пара и ветра. На различные элементы строительных конструкций воздействуют различные факторы окружающей среды. Атмосферная влага (пар, дождь и снег) приводят к тому, что деревянные строительные конструкции начинают подгнивать, металлические элементы (кровельные покрытия, стойки, болты и гвозди) подвергаются коррозии, начинают ржаветь, а ветер разбалтывает и расшатывает строительные конструкции. Если не защищать строительные сооружения от этих факторов, то они быстро приходят в негодность или теряют свой внешний вид. Всё это может приводить к серьезным негативным последствиям, угрожающим здоровью и жизни человека, его имуществу [1-4].

Использование мембранной кровли применяется в основном на крышах, которые чаще всего являются плоскими или слегка наклонными (около 15°) и имеют большую площадь, например торгово-развлекательные центры, транспортные и производственные предприятия.

Преимущества мембранных кровель: прочность, упругость, высокая экологичность материала, химическая устойчивость, высокая герметичность, пожаростойкость.

В зависимости от конструктивного решения мембраны делят на пористые, перфорированные и супердиффузионные.

Пористые мембраны представляют собой полотна, которые на всем своем участке имеют поры различных размеров и применяются в зависимости от того, с какой целью материал был произведен. Крайне нежелательно использовать такие мембраны в поме-

щениях, где присутствует много пыли, поскольку поры данного материала могут легко забиваться и полотно не справится со своим назначением.

Перфорированные материалы отличаются от пористых наличием микроотверстий определенного размера. За счет такой перфорации данное полотно имеет малую проницаемость, что обеспечивает ограниченный ход пара через материал. Такую мембрану часто применяют в пароизоляции холодных скатных кровель, однако есть вероятность того, что в связи с низкой температурой воздуха на поверхности материала могут образовываться капельки воды в результате их конденсации, из-за чего функциональные свойства мембраны могут быть частично или полностью нарушены.

Супердиффузионные полотна не имеют ни перфорации, ни отверстий и в основном состоят из двух и более слоев. Основной спектр использования таких материалов – это обеспечение ветрозащиты конструкций с вентилируемым зазором. Кроме ветрозащиты данный тип материала также используют для сохранности и защиты утеплителя при организации кровельного пирога.

Исследовательская часть

В качестве объектов исследования выбраны 4 образца гидропароизоляционных нетканых мембранных материалов, широко используемых в строительстве, а именно:

1. Изостронг В. Фирма-изготовитель ООО «Гекса-нетканые материалы».
2. Изоспан А. Фирма-изготовитель ООО «Гекса-нетканые материалы».

В работе проведена оценка разрывных характеристик данных образцов.

Испытания на разрывную нагрузку, удлинение и сопротивление к проколу проводили по двум материалам при малом числе испытаний (Изостронг В – табл.1, Изоспан А – табл. 2).

Таблица 1

	Разрывная нагрузка, Н		Абсолютное удлинение, мм		Сопротивление проколу, Н	Продавливание шариком, Н	Гибкость материала (Н/м) n = 10	
	Направление		Направление				Направление	
	продольное	поперечное	продольное	поперечное			продольное	поперечное
\bar{x}	113,80	57,40	148,00	123,20	2,28	161,24	24,4	29,8
σ_x	5,78	2,41	13,34	7,01	0,15	5,66	3,35	1,69
C	5,06	4,20	9,01	5,69	6,47	3,51	13,73	5,67

Таблица 2

	Разрывная нагрузка		Абсолютное удлинение, мм		Сопротивление проколу, Н	Продавливание шариком, Н	Гибкость материала (Н/м) n = 10	
	Направление		Направление				Направление	
	продольное	поперечное	продольное	поперечное			продольное	поперечное
\bar{x}	183,40	113,40	107,20	109,20	4,05	172,19	28,20	33,10
σ_x	1,95	3,21	4,60	6,06	0,15	6,71	4,18	2,87
C	1,06	2,00	4,29	5,55	3,73	4,11	15,37	8,70

Анализ полученных результатов проводился на соответствие нормальному закону распределения случайных величин и закону распределения экстремальных величин 1 типа (для минимальных значений) с помощью вероятностной бумаги [5...7].

Сами точки могут и не ложиться на прямую, но могут находиться недалеко от нее, что считается нормальным. Однако если эти точки расположены значительно дальше, то это может говорить о том, что выбранный закон распределения не подходит для данных

значений. Приведенные значения для нормального закона распределения рассчитываются по формуле:

$$y_{п} = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}. \quad (1)$$

Результаты приведенных значений $y_{п}$ для нанесения результатов испытаний материала Изостронг В на вероятностную бумагу нормального закона представлены в табл. 3, а для материала Изоспан А – в табл.4.

Таблица 3

Разрывная нагрузка	Продольное направление	x_i	106	110	115	118	120
		$y_{п}$	-1,354	-0,659	0,208	0,729	1,076
Абсолютное удлинение	Поперечное направление	x_i	55	56	60	-	-
		$y_{п}$	-0,996	-0,581	1,079	-	-
Сопротивление проколу	Продольное направление	x_i	130	144	158	164	-
		$y_{п}$	-1,349	-0,299	0,749	1,199	-
	Поперечное направление	x_i	114	119	123	129	131
		$y_{п}$	-1,312	-0,599	-0,028	0,827	1,113
		x_i	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
		$y_{п}$	-1,200	-0,533	0,133	0,800	1,467

Таблица 4

Разрывная нагрузка	Продольное направление	x_i	181	182	184	186	-	-
		$y_{п}$	-1,231	-0,718	0,308	1,333	-	-
Абсолютное удлинение	Поперечное направление	x_i	110	111	113	115	118	-
		$y_{п}$	-1,059	-0,748	-0,125	0,498	1,433	-
Сопротивление проколу	Продольное направление	x_i	103	107	109	114	-	-
		$y_{п}$	-0,913	-0,043	0,391	1,478	-	-
	Поперечное направление	x_i	100	107	110	114	115	-
		$y_{п}$	-1,518	-0,363	0,132	0,792	0,957	-
		x_i	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3
		$y_{п}$	-1,667	-1,000	-0,333	0,333	1,000	1,667

Значения разрывной нагрузки материала Изостронг В в продольном направлении на вероятностной бумаге нормального закона приведены на рис. 1, значения абсолютного

удлинения материала – на рис. 2, значения сопротивления к проколу материала – на рис. Аналогичные характеристики для материала Изоспан А приведены на рис. 4...6.

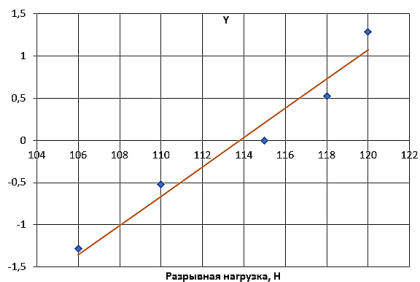


Рис. 1

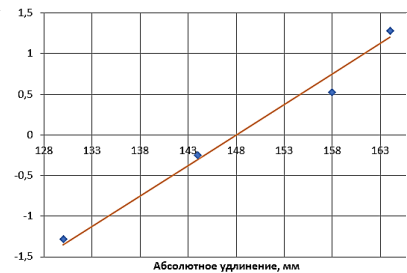


Рис. 2

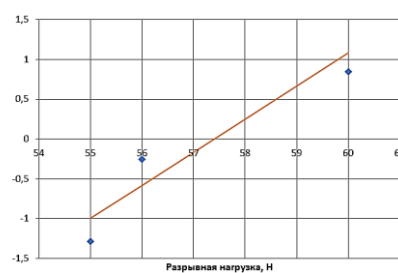


Рис. 3

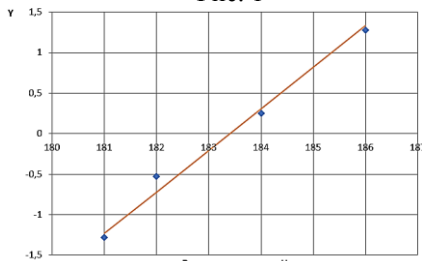


Рис. 4

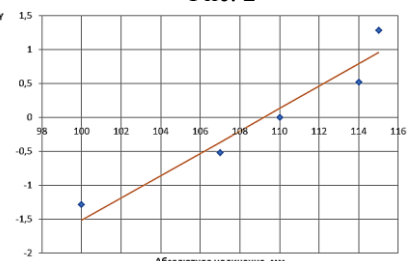


Рис. 5

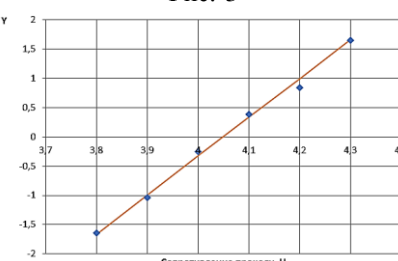


Рис. 6

Можно видеть, что практически во всех рассматриваемых случаях экспериментальные точки накопленных частот достаточно близко располагаются к теоретической прямой. Это говорит о том, что экспериментальное распределение не противоречит теоретической модели нормального закона.

ВЫВОДЫ

1. Исследованы основные разрывные характеристики двух видов мембранных строительных нетканых материалов.

2. Установлено, что наилучшими показателями по разрывной нагрузке, разрывному удлинению, стойкости к проколу и продавливанию шариком обладает нетканый материал Изоспан А по сравнению с нетканым материалом Изотронг В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мещаринов Ю.Г., Федоров С.В. Строительные материалы. СПб., 2013. 400 с.
2. Мухамеджанов Г.К., Ратников В.К. Изучение и выбор текстильных материалов в строительстве // Технический текстиль. 2004. №10. С. 26...27.
3. Шустов Ю.С. Современные текстильные материалы технического и специального назначения. М.: РГУ им. А. Н.Косыгина, 2020. 214 с.
4. Филиппов А.Д., Шустов Ю.С. Теплозащитные свойства нетканых материалов // Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности: сб. науч. тр. по итогам работы круглого стола с международным участием. М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2020. С. 5...9.
5. Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Демократова Е.Б. Квалиметрия и управление качеством текстильных материалов. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017.

6. Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Анфалова В.А. Применение экспертных методов при оценке качества текстильных материалов. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. 100 с.

7. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Оценка, контроль и управление качеством текстильных материалов. СПб. – М. – Краснодар, 2022. 432 с.

REFERENCES

1. Mesharikov Yu.G., Fedorov S.V. Construction Materials. St. Petersburg, 2013. 400 p.
2. Mukhamedzhanov G.K., Ratnikov V.K. Study and selection of textile materials in construction. Technical textiles. 2004. IV10. Pp. 26-27.
3. Shustov Yu.S. Modern textile materials for technical and special purposes. Moscow: RGU im. A. N. Kosygina, 2020. 214 p.
4. Filippov A.D., Shustov Yu.S. Heat-shielding properties of non-woven materials. Collection of scientific papers based on the results of the round table with international participation «Actual problems of examination, technical regulation and confirmation of conformity of textile and light industry products». Moscow: RSU them. A.N. Kosygin, 2020. P. 5-9.
5. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V., Demokratova E.B. Qualimetry and quality control of textile materials. Moscow: RGU im. A.N. Kosygina, 2017. 186 p.
6. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V., Anfalova V.A. Application of expert methods in assessing the quality of textile materials. Moscow: RGU im. A.N. Kosygina, 2018. 100 p.
7. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V. Evaluation, control and quality management of textile materials. St. Petersburg – Moscow – Krasnodar, 2022. 432 p.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 04.04.23.

**ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ БОРТОВЫХ ТКАНЕЙ
С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ИЗДЕЛИЙ ВЕДОМСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**EVALUATION OF MANUFACTURABILITY OF MODERN STIFFENING FABRICS
TO IMPROVE THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING PRODUCTS
FOR DEPARTMENTAL USE**

Т.Л. АКИНДИНОВА¹, В.В. ЗАМЫШЛЯЕВА²

T.L. AKINDINOVA¹, V.V. ZAMYSHLYAEVA²

(¹Вологодский институт права и экономики Федеральной службы исполнения наказаний,
²Костромской государственной университет)

(¹Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penitentiary Service,
²Kostroma State University)

E-mail: tat-akindinova25@yandex.ru

В статье приведены результаты исследований технологичности современных бортовых тканей и их систем. Системы бортовых тканей имитировали бортовые прокладки швейных изделий ведомственного назначения и получены путем выстигивания двух тканей параллельными прямолинейными или зигзагообразными строчками. Показано, что при конфекционировании бортовых тканей необходим комплексный анализ важнейших свойств, определяющих качество изделий. Рекомендовано оценивать технологичность по показателям упругости и работы изгиба. Исследования характеристик изгиба, проведенные на автоматизированной измерительной системе методом кольца по разработанной методике, выявили, что при выборе бортовых тканей необходимо учитывать свойства основных материалов и технологию изготовления бортовой прокладки. Установлено, что современные двух-, трех-, четырех- и пятикомпонентные бортовые ткани обладают высокими показателями технологичности, обеспечивающими изготовление качественных изделий ведомственного назначения.

The article presents the results of research on the manufacturability of modern stiffening fabrics and their systems. The systems of stiffening fabrics imitated the stiffening gaskets sewing products of departmental use. The systems are obtained by quilting two fabrics with parallel rectilinear or zigzag stitches. It is shown that when choosing stiffening fabrics, a comprehensive analysis of the most important properties that determine the quality of products is necessary. It is recommended to evaluate the manufacturability in terms of elasticity and bending work. Studies of bending characteristics were carried out on an automated measuring system by the method of ring according to the developed methodology. It is revealed that when choosing stiffening fabrics, it is necessary to take into account the properties of the main materials and the manufacturing technology of the stiffening gasket. It has been established that modern two-, three-, four- and five-component stiffening fabrics have high technological performance indicators that ensure the manufacture of high-quality products for departmental use.

Ключевые слова: бортовые ткани, системы материалов, бортовая прокладка, показатели технологичности, жесткость при изгибе, работа изгиба, упругость, технология.

Keywords: stiffening fabrics, material systems, stiffening gasket, degree of manufacturability, bending hardness, bending work, elasticity, technology.

Технологичность материалов определяется их способностью к переработке в качественные изделия. Качество швейных изделий ведомственного назначения в значительной степени определяется способностью сохранять приданную форму, что обеспечивается применением различных видов бортовых прокладок [1].

При изготовлении бортовой прокладки в производстве используют клеевое, ниточное соединение деталей и комбинированные способы. Для изделий ведомственного назначения преимущественно используется ниточное соединение, которое соответствует гигиеническим требованиям и обеспечивает динамичную структуру в области формообразования.

Традиционная ниточная технология предусматривает стачивание вытачек, притачивание надставок накладным швом с открытым срезом, швом встык на стачивающей машине прямолинейной или зигзагообразной строчкой. При изготовлении кителя ведомственного назначения применяют однослойные, двухслойные с дополнительной плечевой накладкой в области груди и многослойные бортовые прокладки (ГОСТ 18825). Так как свойства бортовой прокладки в значительной степени зависят от технологических факторов ее изготовления, то составные части пакета соединяются между собой параллельными прямолинейными либо зигзагообразными строчками или по срезам перед соединением с деталями верха во время формования.

При конфекционировании бортовых тканей ориентируются на группы жесткости при изгибе: I группа – 4,5–7 сН; II группа – 7,1–15 сН; III группа – 15,1–30 сН, которые приведены для классических льносодержащих бортовых тканей (ГОСТ 24684). Для ведомственной одежды рекомендуется использовать бортовые ткани, которые относятся ко II группе жест-

кости (ГОСТ 5665). Современный ассортимент бортовых тканей, используемых в качестве основного и дополнительного слоев бортовой прокладки, отличается от классических бортовых тканей многокомпонентным волокнистым составом, разной поверхностной плотностью и представлен всеми тремя группами жесткости [2].

Способность одежды ведомственного назначения сохранять приданную форму при эксплуатации достигается не только за счет жесткости, но и упругости бортовых тканей. Руководствоваться при выборе бортовых тканей только рекомендациями по жесткости недостаточно, так как ткани с одинаковой жесткостью могут иметь разную упругость, поэтому встает необходимость оценки технологичности бортовых тканей с целью формирования бортовой прокладки с высокими упругими свойствами и формоустойчивостью.

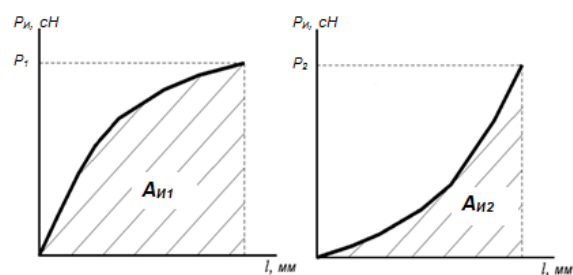


Рис. 1

Анализ новых методов определения характеристик изгиба [3] показал, что более чувствительной характеристикой жесткости является работа изгиба. Работа изгиба характеризует количество энергии, затрачиваемой на изгиб пробы. Чем выше значение работы изгиба, тем лучше материал (система материалов) сопротивляется деформации. В сравнении с жесткостью на изгиб работа изгиба является наиболее объ-

ективной характеристикой, так как при одном и том же значении жесткости различных материалов величина работы изгиба может существенно различаться (рис. 1 – работы изгиба двух тканей, имеющих одинаковые значения жесткости ($P_1 = P_2$)).





Таким образом, технологичность бортовых тканей целесообразно оценивать по показателям упругости и работы изгиба.

Исследования проводились на автоматизированной измерительной системе [3], позволяющей обеспечить достоверность и надежность измерений показателей технологичности и работающей под управлением специально разработанной компьютерной программы. Испытания проводились методом усилий по разработанной методике [4] следующим образом: прямоугольная проба закреплялась в виде кольца, подвергалась изгибу на $1/3$ высоты, выдер-

живалась в нагруженном состоянии, после чего нагрузка снималась и пробе давался отдых. Работа изгиба определялась по графической зависимости жесткости от деформации кольца, представляемой автоматизированной системой. Упругость определялась процентным отношением величины восстановления пробы после отдыха к первоначальной высоте.

Для исследований выбраны бортовые ткани из трех- и четырехкомпонентных смесок, которые традиционно используются для изготовления кителя ведомственного назначения. Для оценки возможности использования бортовых тканей из двух- и пятикомпонентных смесок выбраны ткани арт. 274473 и F8824. Характеристики строения отдельных представителей бортовых тканей приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Артикул	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Линейная плотность нитей, текс		Плотность ткани (число нитей на 10 см)	
			То	Ту	По	Пу
274473 	ЖВ – 32 ПЭ – 68	185	56	104	125	115
215091 	ЖВ – 20 Хлопок – 35 ПЭ – 45	190	48	100	150	125
215090 	ЖВ – 33 Хлопок – 23 Ввис – 12 ПЭ – 32	170	40	80	145	135
F8824 	ЖВ – 35 Хлопок – 22 Ввис – 16 Лен – 15 ПЭ – 12	210	22	130	230	140

Примечание: ЖВ – животный волос, ПЭ – полиэфирное волокно, Ввис – вискозное волокно.

Исследования проводились как на бортовых тканях, так и на системах материалов, имитирующих бортовые прокладки. При формировании системы материалов для бортовой прокладки проанализированы характеристики технологичности бортовых тканей в разных направлениях раскроя. Анализ анизотропии характеристик технологичности бортовых тканей [5] позволил установить, что наиболее предпочтительными направлениями при раскрое слоев бортовых прокладок являются уточное направление и под углом 45 градусов.

Свойства бортовой прокладки в значительной степени зависят от технологии ее

изготовления. При изготовлении кителя ведомственного назначения бортовая прокладка выстегивается с целью повышения жесткости. Выстегивание выполнялось на универсальной машине прямолинейной и зигзагообразной строчкой шириной 4 мм с частотой 3 стежка на 1 см армированными лавсановыми нитками 35 лл. Перед проведением испытаний пробы выдерживались в климатических условиях (ГОСТ 10681).

Полученные в результате испытаний показатели технологичности некоторых представителей современных бортовых тканей и их систем приведены в табл. 2 и 3.

Т а б л и ц а 2

Артикул ткани	Направление раскроя	Жесткость при изгибе $P_{и}$, сН	Работа изгиба $A_{и}$, мкДж	Упругость при изгибе $У$, %
274473	уток	12	91	79
	45°	7	89	77
215091	уток	19	116	89
	45°	9	69	80
215090	уток	12	94	84
	45°	9	64	82
F8824	уток	11	217	91
	45°	3	68	88

Т а б л и ц а 3

Вид пробы: артикул и направления раскроя ткани	Вид строчки при выстегивании	Жесткость при изгибе $P_{и}$, сН	Работа изгиба, $A_{и}$, мкДж	Упругость при изгибе $У$, %
274473 (уток+45°)	прямолинейная	38	718	80
	зигзагообразная	17	556	76
215091 (уток+45°)	прямолинейная	31	741	83
	зигзагообразная	23	545	75
215090 (уток+45°)	прямолинейная	46	814	80
	зигзагообразная	35	512	71
F8824 (уток+45°)	прямолинейная	23	601	76
	зигзагообразная	29	814	75

Выбор технологии изготовления бортовой прокладки осуществляется с учетом свойств основных материалов и требований к показателям технологичности бортовых тканей (см. табл. 2). Все исследуемые бортовые ткани обладают высокими упругими свойствами, показатели упругости превышают 70 %. Более высокие значения жесткости тканей по утку можно объяснить наличием в уточных нитях животного волоса. Следует отметить, что работа изгиба бортовых тканей существенно различается, что позволяет варьировать показателями технологичности при формировании борто-

вых прокладок, и предпочтение следует отдавать бортовым тканям с более высокими значениями работы изгиба. Например, при близких значениях показателей жесткости работа изгиба ткани арт. F8824 примерно в 2,3 раза выше, чем у тканей арт. 274473, 215090, и в 2 раза выше, чем у ткани арт. 215091, несмотря на то, что жесткость ткани арт. F8824 почти в 2 раза меньше жесткости ткани арт. 215091.

Анализ показателей технологичности бортовых прокладок (табл. 3) показал, что исследуемые бортовые ткани позволяют изготавливать качественные бортовые про-

кладки при выстегивании как прямой, так и зигзагообразной строчкой. Представленные варианты бортовых прокладок характеризуются высокими упругими свойствами и способностью сопротивляться деформациям изгиба. Двух- и пятикомпонентные бортовые ткани могут успешно использоваться для изготовления бортовых прокладок наряду с традиционными бортовыми тканями из трех- и четырехкомпонентных смесок.

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования показателей технологичности современных бортовых тканей, используемых для изготовления изделий ведомственного назначения.

2. Установлено, что конфекционирование бортовых тканей для бортовых прокладок изделий ведомственного назначения целесообразно осуществлять по показателям технологичности: упругости и работе изгиба.

3. Показано, что для изделий ведомственного назначения могут быть использованы двух-, трех-, четырех- и пятикомпонентные бортовые ткани, как обладающие высокими показателями технологичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кокеткин П.П. Одежда: технология – техника, процессы – качество: справочник. М.: Изд-во МГУДТ, 2001.

2. Акиндинова Т.Л., Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Замышляева В.В. Прогнозирование упругих свойств бортовых тканей // Вестник Витебского государственного технологического университета. Витебск: Витебский гос. технол. ун-т, 2020. №1(38). С. 11...17.

3. Лапшин В.В., Смирнова Н.А. Автоматизированный измерительный комплекс как реализация концепции цифровизации в легкой промышленности: монография. Кострома: Изд-во КГУ, 2019.

4. Замышляева В.В., Смирнова Н.А., Лапшин В.В., Хромеева И.А. К вопросу определения характеристик изгиба при оценке качества материалов для одежды // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2017. №3 (37). С. 50...54.

5. Замышляева В.В., Смирнова Н.А., Хромеева И.А., Лапшин В.В. Экспериментальное обоснование формирования бортовой прокладки для изделий костюмной группы // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2019. №4 (46). С. 92...96.

REFERENCES

1. Koketkin P.P. Clothing: technology – technique, processes – quality: handbook. – Moscow: MGUDT Publishing House, 2001.

2. Akindinova T.L., Lapshin V.V., Smirnova N.A., Zamyshlyayeva V.V. Prediction of elastic properties of stiffening fabrics // Bulletin of the Vitebsk State Technological University. Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2020. №1 (38). P. 11...17.

3. Lapshin V.V., Smirnova N.A. Automated Measuring Complex as an Implementation of the Digitalization Concept in Light Industry: monograph. Kostroma: KGU Publishing House, 2019.

4. Zamyshlyayeva V.V., Smirnova N.A., Lapshin V.V., Khromeeva I.A. To the question of determining the bending characteristics when assessing the quality of materials for clothing // Izv. vuzov. Light industry technology. 2017. №3 (37). P. 50...54.

5. Zamyshlyayeva V.V., Smirnova N.A., Khromeeva I.A., Lapshin V.V. Experimental rationale of forming stiffening fabrics for costume products // Izv. vuzov. Light industry technology. 2019. №4 (46). P.92...96.

Рекомендована кафедрой экономики, управления и инженерно-технического обеспечения Вологодского института права и экономики федеральной службы исполнения наказания России. Поступила 17.04.23.

**ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ
ДВУХСЛОЙНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН
ИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ НИТЕЙ**

**EVALUATION OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES
OF TWO-LAYER KNITTED FABRICS FROM MODIFIED POLYESTER THREADS**

Н.Н. ЯСИНСКАЯ, Н.В. СКОБОВА

N.N. YASINSKAYA, N.V. SKOBOVA

(Витебский государственный технологический университет, Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Belarus)

E-mail: yasinskaynn@rambler.ru, skobova-nv@mail.ru

В статье представлены результаты исследований функциональных свойств двухслойных трикотажных полотен комбинированных переплетений, при вязании которых использовались две системы нитей: одна для образования слоя из модифицированных полиэфирных нитей, другая из традиционных полиэфирных нитей. С применением метода Думанского и Острикова изучена пористость трикотажных полотен, от которой зависит поведение материалов при воздействии влаги и тепла. В результате анализа кривых распределения установлен большой разброс пор по размерам – 5...700 мкм, наиболее многочисленная группа пор размером 22...45 мкм.

Установлено, что полотна, содержащие микрофиламентные нити Soft, имеют показатель гигроскопичности на уровне хлопковых волокон 8,5...9,0% и воздухопроницаемость 500...600 $\text{dm}^3/\text{m}^2\text{s}$, что позволяет рекомендовать их для использования в качестве внутреннего слоя при производстве одежды. Показано значительное снижение теплопроводности двухслойных трикотажных полотен при использовании в качестве составляющей двухслойной структуры терморегулирующих полиэфирных нитей Thermo. Для образцов, содержащих быстроотводящие влагу нити QuickDry, на сорбционной кривой можно выделить период поглощения влаги поверхностью нитей и период медленной диффузии влаги по разветвленной сети мелких пор (5...10 мкм), образованных пустотами между профилированными и гладкими элементарными нитями в структуре комплексной нити QuickDry.

The article presents the results of research on the properties of two-layer knitted fabrics of combined weaves, which were knitted using two thread systems: one for the formation of a layer of modified polyester threads, the other of excluded polyester threads. Using the method of Dumansky and Ostrikov, the porosity of knitted fabrics was studied, which determines the ratio of materials to moisture and heat. As a result of the analysis of distribution curves, a large spread of pores in size was established - 5-700 microns, the most numerous group of pores with a size of 22-45 microns. It has been established that fabrics containing Soft microfilament threads have a hygroscopic index at the level of cotton fibers of 8,5-9.0% and breathability of 500-600 $\text{dm}^3/\text{m}^2\text{s}$, which allows them to be recommended for use as an inner layer in the production of clothing. A significant decrease in the thermal conductivity of two-layer knitted fabrics is shown when Thermo thermoregulating polyester threads are used as a component of the two-layer structure. For samples containing quick

moisture-removing Quick Dry threads, the sorption curve shows a period of moisture absorption by the surface of the threads, and a period of slow diffusion of moisture through a branched network of small pores (5–10 μm) formed by voids between profiled and smooth elementary threads in the structure of the complex Quick Dry thread.

Ключевые слова: модифицированные полиэфирные нити, двухслойный трикотаж, пористость, гигроскопичность, воздухопроницаемость, теплопроводность, сорбция.

Keywords: modified polyester threads, two-layer knitwear, porosity, hygroscopicity, air permeability, thermal conductivity, sorption.

Введение

Актуальность производства высококачественных многофункциональных текстильных материалов, которые обладают комплексными свойствами, одновременно удовлетворяют множеству требований, часто противоречащих друг другу, в настоящее время не вызывает сомнений. Это обусловлено тем, что использование материалов и изделий специального назначения в различных условиях внешней среды требует обеспечения высокого уровня защиты и комфорта. Самой распространенной и экономически выгодной технологией придания текстильным материалам многофункциональности является комбинация слоев различных по свойствам материалов и соединение в единое целое подходящим способом, которые выбираются с учетом назначения конечного продукта [1].

Существует ряд способов, позволяющих осуществлять последовательное наложение текстильных структур [2]: ниточный или сварной, клеевой, прошивной, нанесение полимерного покрытия, огневой и другие. В зависимости от свойств, структуры исходных материалов и способа соединения многофункциональные полотна и изделия обладают определенным набором характеристик. Проектирование специальных материалов с заданными свойствами является сложной задачей из-за ограниченного набора стандартов и различных требований в зависимости от потребностей [3].

Перспективным направлением создания многофункциональных материалов является двухслойный трикотаж, позволяющий путем сочетания различных по свойствам

нитей и переплетений получать структуры с заданными свойствами. Интерес представляет использование в структуре трикотажа новых видов модифицированных полиэфирных нитей отечественного производства (ОАО «Светлогорскхимволокно», Республика Беларусь), таких, как быстроотводящие влагу Quick Dry, микрофиламентные Soft, терморегулирующие Thermo, отражающие ИК-излучение CoolBlack. Двухслойные трикотажные структуры, полученные из модифицированных нитей, могут использоваться индивидуально, а также дублироваться с тканями и неткаными материалами [4...6].

На сегодняшний день свойства этих нитей и многослойных трикотажных структур из них изучены недостаточно, что ограничивает возможности использования для материалов и изделий с уникальными свойствами. Поэтому целью работы является исследование и оценка функциональных свойств двухслойных трикотажных полотен комбинированных переплетений, при вязании которых использовались две системы нитей: одна для образования слоя из модифицированных нитей, другая из традиционных полиэфирных нитей, слои соединялись между собой соединительными набросками.

Объект и методы исследования

Исследуемые трикотажные полотна разработаны на двухфонтурной кругловязальной машине 18 класса комбинированным переплетением на базе ластика. На иглы верхней игольницы прокладывались текстурированные функциональные нити следующих видов: с функцией управления

влаги Quick Dry линейной плотности 18,7 текс (f144), микрофиламентные нити Soft 16,7 текс (f288), полые нити Thermo 16,7 текс (f96); на иглы нижней игольницы – традиционная текстурированная полиэфирная нить PEC 16,7 текс (f48) (рис. 1 – фотография поверхности полотна).

Структурные показатели полученных полотен представлены в табл. 1. Полотна имеют близкие значения длины нити в петле и плотность вязания, так как выраба-

тывались с одинаковыми параметрами заправки на одном оборудовании.

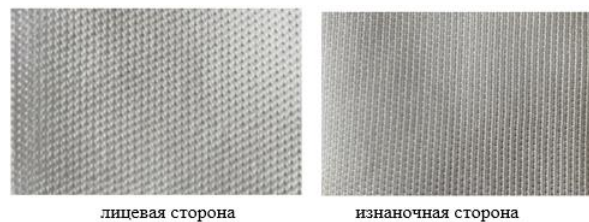


Рис. 1

Т а б л и ц а 1

Показатели	Quick/PEC	Thermo/PEC	Soft/PEC	PEC/PEC
Плотность по горизонтали, пет.	90	93	95	96
Плотность по вертикали, пет.	100	100	100	100
Длина нити в петле, мм	4,69	4,51	4,53	4,46
Толщина, мм	1,14	1,12	1,11	1,23
Поверхностная плотность, г/м ²	248	230	250	260

Пористость двухслойных структур измеряли по методу Думанского и Острикова, основанному на определении содержания (в %) этилового спирта на разных высотах полоски текстильного материала и количестве его распределении по образцам [7], [8]. Зная это распределение и определив по закону капиллярного поднятия средние радиусы капилляров различных групп (фракций), соответствующих определенному интервалу высот, можно подсчитать число, площадь сечения и объем капилляров каждой группы. Средний радиус капилляров каждой группы рассчитывали по формуле

$$r = \frac{2\sigma}{h\gamma g}, \quad (1)$$

где σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м; h – средняя высота данного деления, м; γ – плотность жидкости, кг/м³; g – ускорение силы тяжести.

Воздушные каналы капиллярно-пористых тел могут быть закрытыми и открытыми, причем их соотношение в структуре материала может быть различным [8], [9], [10], [11]. Общая пористость состоит из пор внутри волокон, капилляров между волокнами и нитями в структуре трикотажного полотна, находится при суммировании вкладов всех пор, содержащихся в материале.

Особенностью рассматриваемых двухслойных трикотажных полотен из модифицированных текстурированных полиэфирных нитей является значительная вытянутость, извилистость и многоканальная структура элементарных нитей, из которых они изготовлены. Если собственную пористость элементарной полиэфирной нити не учитывать, то можно считать все капилляры и поры открытыми для насыщения и определение пористости капиллярным методом обоснованным.

Из работ, базирующихся на изучении фракционного состава капилляров определенного радиуса, применим уравнение Думанского и Острикова для расчета площади сечения капилляров, отвечающей средней высоте каждого деления:

$$S_n = \sum S_n - \sum S_{n+1} = \frac{P_n - P_{n+1}}{\gamma \cdot \Delta h}. \quad (2)$$

Так как при вычислении площади сечения капилляров количество спирта относят к единице длины полоски трикотажа, то объем капилляров каждой группы будет численно равен соответствующей площади.

Для исследования воздухопроницаемости руководствовались ГОСТ 12088-77. Испытания проводили на приборе ВПТМ-2.

Определение теплофизических характеристик исследуемых образцов проводили по методу регулярного теплового режима

при постоянных значениях температуры окружающего воздуха и коэффициента теплоотдачи с поверхности материала в интервале перепадов температур 55-45°C при среднем перепаде, равном 50°C. Абсолютные значения температуры воздуха в помещении составляли 22°C, относительная влажность воздуха (65±5)%.

Измерения проводили на установке для определения теплозащитных свойств пакетов текстильных материалов по методу регулярного режима (рис. 2, а). За основу разработки прибора взят ГОСТ 20489-75 «Метод определения суммарного теплового сопротивления».

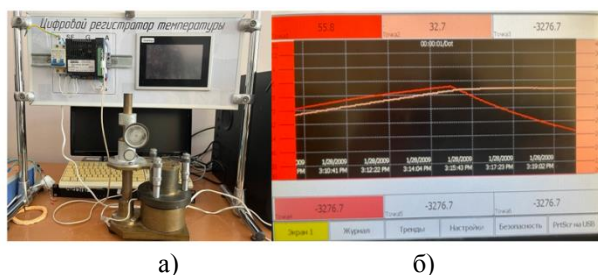


Рис. 2

Нагревание пластины прибора с пробой производится до достижения перепада температур 60°C (разности температуры пластины и воздушного потока), после чего электронагреватель отключается от сети и включается вентилятор (при испытании пробы в условиях воздушного потока). Для выравнивания температурного поля пластина прибора охлаждается до перепада температур 55°C, после этого включается секундомер и фиксируется время охлаждения пластины до перепада температур 45°C (рис. 2, б).

По результатам замеров рассчитывают коэффициент теплопроводности λ :

$$\lambda = f\delta \left(A + \frac{1}{3} C\gamma\delta \right) m - K, \quad (3)$$

где f – коэффициент рассеяния (для образцов толщиной менее 5 мм равен 0,96, более – 0,95); A – постоянная прибора, характеризующая теплоемкость сердечника, площадь его поперечного сечения и теплоемкость теплоизоляционного слоя: $A=23800$; K – по-

стоянная прибора, характеризующая теплопередачу теплоизоляционного слоя: $K=2,9$; C – удельная теплоемкость образца, Дж/кг·°C; γ – объемная масса образца, кг/м³; δ – толщина образца, м; m – темп охлаждения сердечника, с⁻¹.

Темп охлаждения сердечника m вычисляется:

$$m = \frac{\ln\theta_1 - \ln\theta_2}{\Delta\tau}, \quad (4)$$

где $\theta_1, \theta_2, ^\circ\text{C}$ – значения температуры внутренней поверхности образца на границах заданного интервала перепада температур (55 и 45°C), измеренные датчиком температуры; $\Delta\tau, \text{с}$ – время остывания пластины прибора в заданном интервале перепадов температур (определяют по графику).

Гигроскопичность материалов оценивали по ГОСТ 3816-81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств».

Результаты и обсуждения

Пористость является одним из важнейших свойств текстильных материалов, которым определяется ряд их физических свойств: способность к поглощению жидкостей, набуханию, транспорту влаги и тепла, воздухопроницаемости. Общая пористость трикотажного полотна включает: микропоры, радиус которых меньше 0,1 мкм, образованные пустотами между элементарными нитями в структуре нити, и макропоры, радиус которых более 0,1 мкм, являющиеся следствием пустот между текстильными нитями. Воздухопроницаемость зависит от макропористости; капиллярные свойства зависят от микропористости; теплофизические свойства и паропроницаемость текстильного материала зависят как от микро-, так и от макропористости [8], [9], [11].

Анализ кривых распределения пор по размерам (рис.3) показал, что полученные образцы трикотажных полотен, несмотря на выработку при одинаковой заправке и близких линейных плотностях используемых нитей, имеют различную пористость, состоящую из макропор. Отсутствие пор

размером менее 0,1 мкм связано с объемной, рыхлой структурой текстурированных нитей, в которых элементарные нити имеют значительную извитость. Наиболее многочисленная группа пор размером 22-35 мкм отмечается у двухслойного образца Soft/PEC, выработанного из микрофиламентной нити, также высокая доля пор размером 30-45 мкм наблюдается у полотна Quick/PEC, имеющего в структуре нить с функцией управления влаги. Для полотна из традиционной полиэфирной нити PEC/PEC относительная доля пор 45-70 мкм в два раза меньше в сравнении с образцом Soft/PEC. Для образца Thermo/PEC с использованием полой нити многочисленная группа пор имеет размер 35-60 мкм. Следует также отметить наличие пор с радиусом капилляров 5-10 мкм и макропор 550-700 мкм у образца Quick/PEC.

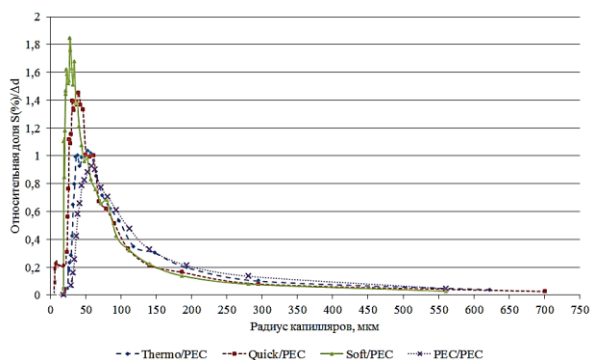


Рис. 3

При одном и том же количестве воздуха в материале он может по-разному в нем размещаться (в больших порах или малых, замкнутых или сообщающихся между собой и окружающей атмосферой), от этого зависит воздухопроницаемость полотен. Воздухопроницаемость двухслойных материалов представлена на рис. 4. Как видно, самое низкое значение коэффициента воздухопроницаемости имеют полотна Soft/PEC. Это связано с большой долей пор малых размеров из-за микрофиламентности нити Soft, полотна имеют более наполненную структуру [11].

Оценка коэффициента теплопроводности (рис. 5) показывает, что благодаря наличию воздушного канала в структуре элементарных нитей Thermo образец

Thermo/PEC имеет более высокие теплозащитные свойства. В работе [12] показано, что с увеличением размера пор значение коэффициента теплопроводности возрастает.

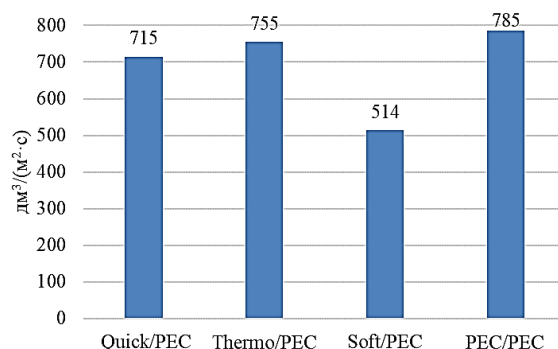


Рис. 4

Как известно [10], [11], теплофизические свойства волокнистых материалов зависят как от объема воздуха, заключенного в порах материала, так и от его равномерного распределения.

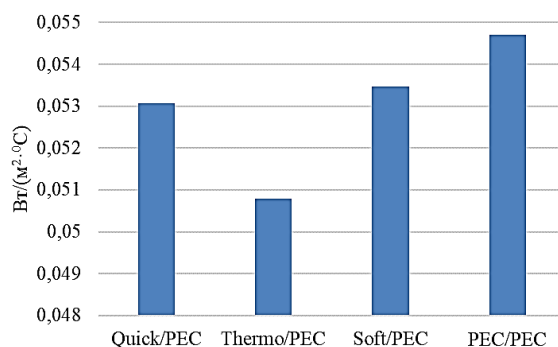


Рис. 5

Согласно данным, представленным на рис. 3, образец Soft/PEC имеет многочисленную группу пор с малым размером, однако его теплопроводность незначительно отличается от образца PEC/PEC. В комплексной нити Soft с повышенным содержанием элементарных нитей (f288) увеличивается доля твердой фазы и число контактов между элементарными нитями, что приводит к образованию «мостиков холода» – зон повышенной теплопередачи, коэффициент теплопроводности возрастает. Двухслойный материал PEC/PEC имеет худшие теплозащитные свойства, что обусловлено наличием большого числа

сквозных пор ввиду малого числа филаментов в структуре нити (f 48), что увеличивает вклад конвективной составляющей в общую теплопроводность.

Гигроскопичность полученных образцов различна (рис. 6). Как видно, слой из микрофиламентных нитей Soft значительно повышает гигроскопические свойства двухслойного трикотажа Soft/PEC, приближая этот показатель к значениям для материалов из хлопковых волокон – 8,5-9,0%. Несмотря на особую многоканальную структуру быстровпитывающих нитей Quick Dry их присутствие в двухслойном полотне обеспечивает гигроскопичность незначительно выше традиционных полиэфирных нитей, гигроскопичность для образца Quick/PEC составляет 3,5-4 %.

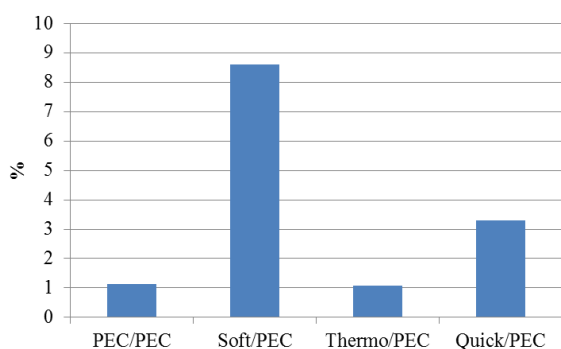


Рис. 6

Кривые сорбции водяных паров (рис. 7) показывают, что на первом этапе поглощение влаги и образование на поверхности волокон полимолекулярной пленки происходит одинаково быстро для всех образцов двухслойных полотен. После насыщения поверхности элементарных нитей водяными парами и капиллярной конденсации поглощение влаги прекращается, наступает сорбционное равновесие для всех образцов за исключением полотна Quick/PEC. Для образцов Quick/PEC на сорбционной кривой можно выделить два периода. Первый – поглощение влаги поверхностью нитей, второй – медленная диффузия влаги по разветвленной сети мелких пор (5-10 мкм), образованных пустотами между профилированными и гладкими элементарными нитями в структуре комплексной нити Quick

Dry. Сорбция до равновесного состояния продолжается 15 часов.

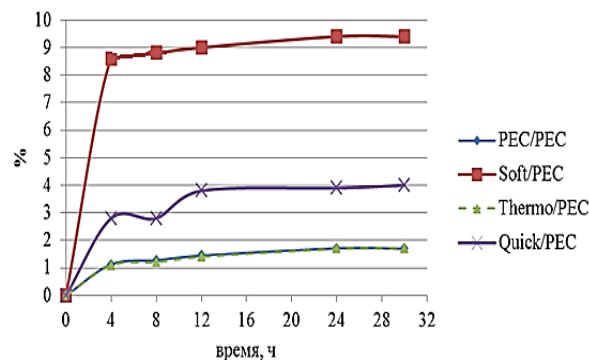


Рис. 7

ВЫВОДЫ

Изучены функциональные свойства двухслойных трикотажных полотен комбинированных переплетений, при вязании которых использовались две системы нитей: одна для образования слоя из модифицированных нитей, другая из традиционных полиэфирных нитей. Установлено, что полотна Soft/PEC имеют требуемые показатели гигроскопичности и воздухопроницаемости и могут быть рекомендованы для использования в качестве внутреннего слоя при производстве одежды. Показано значительное снижение теплопроводности двухслойных трикотажных полотен при использовании в качестве составляющей при формировании двухслойной структуры модифицированных полиэфирных нитей Thermo. Для образцов Quick/PEC на сорбционной кривой можно выделить два периода: поглощение влаги поверхностью нитей и медленная диффузия влаги по разветвленной сети мелких пор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Композиционные текстильные материалы. Витебск: ВГТУ, 2016.
2. Усманова Э.Д., Усманов И.В. Способы получения многофункциональных текстильных материалов с различными полимерными покрытиями // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 11. С. 283...284.
3. Ясинская Н.Н., Мурычева В.В. Разработка алгоритма проектирования и процесса формирования

слоистых текстильных материалов декоративно-отделочного назначения // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2019. Т. 43. № 1. С. 71...75.

4. *Власенко В.И., Ковтун С.И., Березненко Н.П.* Возможности использования многослойных многофункциональных текстильных композитов // Технический текстиль. 2005. № 12. С. 23...25.

5. *Ковтун С.И., Власенко В.И., Кучеренко В.И.* Использование нетканых материалов в многослойных текстильных композитах // Новые технологии переработки пластмасс. Информационный портал Polymer.ru. – http://www.polymer.ru/letter.php?n_id=389&cat_id=3.

6. *Bipin Kumar, Viraj Somkuwar.* Introductory Chapter: Functional Textiles // Published: December 22nd, 2021 / DOI: 10.5772/intechopen.100212. <https://www.intechopen.com/chapters/78878>.

7. *Скобова Н.В., Ясинская Н.Н.* Исследование транспорта влаги в двухслойных трикотажных структурах из полиэфирных нитей под действием внешней нагрузки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6. С. 39...45.

8. *Браславский В.А.* Капиллярные процессы в текстильных материалах. М.: Легпромбытиздат, 1987. 112 с.

9. *Трещалин Ю.М.* Анализ структуры и свойств нетканых материалов. М.: Изд-во «БОС», 2016.

10. *Ramratan Guru, Anupam Kumar, Rohit Kumar.* Functional Textile for Active Wear Clothing // Submitted: January 11th, 2021 Reviewed: March 1st, 2021 Published: May 12th, 2021 / DOI: 10.5772/intechopen.96944. <https://www.intechopen.com/chapters/75976>.

11. *Шустов Ю.С.* Основы текстильного материаловедения. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2017.

12. *Воробьев Н.Н., Баринов Д.Я., Зувев А.В., Пахомкин С.И.* Расчетно-экспериментальные исследования эффективной теплопроводности волокнистых материалов // Труды ВИАМ. 2021. №7 (101). С. 95...102.

REFERENCES

1. *Yasinskaya N.N.* Composite textile materials: monograph / N.N. Yasinskaya, V.I. Olshansky, A.G. Kogan. Vitebsk: VGTU, 2016.

2. *Usmanova E.D.* Methods for obtaining multifunctional textile materials with various polymer coat-

ings / E.D. Usmanova, I.V. Usmanov // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. No. 11. P. 283...284.

3. *Yasinskaya N.N.* Development of a design algorithm and the process of formation of layered textile materials for decorative and finishing purposes / N.N. Yasinskaya, V.V. Murycheva // Izvestiya vuzov. Technology of Light Industry. 2019. T.43. No. 1. S. 71...75.

4. *Vlasenko V.I.* Possibilities of using multilayer multifunctional textile composites / V.I. Vlasenko, S.I. Kovtun, N.P. Bereznenko // Technical Textile. 2005. No. 12. S. 23...25.

5. *Kovtun S.I.* The use of non-woven materials in multilayer textile composites / S.I. Kovtun, V.I. Vlasenko, V.I. Kucherenko // New technologies for processing plastics. Information portal Polymer.ru. http://www.polymer.ru/letter.php?n_id=389&cat_id=3.

6. *Bipin Kumar, Viraj Somkuwar.* Introductory Chapter: Functional Textiles // Published: December 22nd, 2021 / DOI: 10.5772/intechopen.100212. <https://www.intechopen.com/chapters/78878>.

7. *Skobova N.V., Yasinskaya N.N.* Investigation of moisture transport in two-layer knitted structures made of polyester yarns under the action of an external load // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 6 (402). Pp. 39-45.

8. *Braslavsky V.A.* Capillary processes in textile materials / V.A. Braslavsky. – Moscow: Legprombytizdat, 1987. 112 p.

9. *Treshchalin Yu.M.* Analysis of the structure and properties of non-woven materials / Yu.M. Treshchalin. Moscow: BOS Publishing House 2016. 192 p.

10. *Ramratan Guru, Anupam Kumar, Rohit Kumar.* Functional Textile for Active Wear Clothing // Submitted: January 11th, 2021 Reviewed: March 1st, 2021 Published: May 12th, 2021/ DOI: 10.5772/intechopen.96944. <https://www.intechopen.com/chapters/75976>.

11. *Shustov Yu.S.* Fundamentals of textile materials science / Yu. S. Shustov. Moscow: MSTU im. A.N. Kosygina, 2017. 302 p.

12. *Vorobyov N.N., Barinov D.Ya., Zuev A.V., Pahomkin S.I.* Computational and experimental studies of the effective thermal conductivity of fibrous materials // Proceedings of VIAM. No. 7 (101). 2021. S. 95-102.

Рекомендована кафедрой экологии и химических технологий ВГТУ. Поступила 11.05.23.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_120

**ВЛИЯНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ
НА ЕЁ ОБЪЕМНУЮ ПЛОТНОСТЬ И ДИАМЕТР ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ**

**INFLUENCE OF LINEAR DENSITY OF COTTON YARN
ON ITS VOLUME DENSITY AND CROSS-SECTION DIAMETER**

*И.В. ОЛЕНИНА¹, Ю.С. ШУСТОВ², В.П. ЗИНОВЬЕВ¹, В.И. РУБЦОВ¹, А.Н. ТИМОШЕНКО¹,
О.В. ИСАЕВ¹, А.Г. СЕИТОВА¹*

*I.V. OLENINA¹, Yu.S. SHUSTOV², V.P. ZINOVYEV¹, A.N. TIMOSHENKO¹,
O.V. ISAEV¹, A.G. SEITOVA¹*

**(Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна¹,
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)²)**

**(State Scientific Center Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyana¹,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art)²)**

E-mail: zvp.2013@yandex.ru; 6145293@mail.ru

Диаметр пряжи является одним из важнейших показателей, используемых при расчетах, связанных с проектированием тканых и трикотажных полотен. В этой связи его расчет является важнейшим фактором для получения корректного результата определения основных заправочных параметров при выработке ткани или трикотажного полотна. Для решения поставленной задачи отобраны различные образцы гребенной и кардной пряжи различной линейной плотности. На основании приведенных исследований предложена научно обоснованная математическая модель зависимости объемной плотности хлопчатобумажной пряжи от ее линейной плотности при постоянном коэффициенте крутки. Для гребенной и кардной систем прядения хлопка определен характеризующий упорядоченность структуры пряжи параметр. Результаты исследований имеют научную новизну и могут быть использованы в моделях расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи при проектировании тканей и трикотажа.

Yarn diameter is one of the most important indicators used in calculations related to the design of woven and knitted fabrics. In this regard, its correct definition or calculation is the determining factor for achieving success in the correct result of determining the main filling parameters in the production of fabric or knitted fabric. To solve the problem, various samples of combed and carded yarn of various linear densities were selected. The dependence of determining the bulk density by varying the linear density of the yarn at a constant twist coefficient is

obtained. On the basis of the above studies, a scientifically based mathematical model is proposed for the dependence of the bulk density of cotton yarn on its linear density at a constant twist coefficient. For combed and carded cotton spinning systems, a parameter characterizing the orderliness of the yarn structure is determined. The research results are of scientific novelty and can be used in models for calculating the diameter of cotton yarn in the design of fabrics and knitwear.

Ключевые слова: хлопчатобумажная пряжа, линейная плотность, крутка, математическая модель, кардная пряжа, гребенная пряжа.

Keywords: cotton yarn, linear density, twist, mathematical model, carded, combed yarn.

Введение

Диаметр пряжи является одним из важнейших показателей, используемых при расчетах, связанных с проектированием тканых и трикотажных полотен. В этой связи его правильный расчет является важнейшим фактором для достижения успеха в корректном результате определения основных заправочных параметров при выработке ткани или трикотажного полотна.

Для определения диаметра пряжи используется известная формула

$$d = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\gamma}}, \quad (1)$$

где d – диаметр пряжи, мм; T – линейная плотность пряжи, текс; γ – объемная плотность пряжи, мг/мм³.

Из анализа литературных источников [1...12] установлено, что для расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи необходимо знать не только линейную плотность и степень скрученности нитей, но также и число волокон в поперечном сечении пряжи или отношение линейной плотности исследуемой пряжи и некоторого табличного значения. В этом случае такое отношение пропорционально разнице в количестве волокон в поперечном сечении образцовой и исследуемой пряжи и вполне может заменить их абсолютное значение.

В работе [5] предложена формула для определения объемной плотности и диаметра аппаратной шерстяной пряжи при варьировании линейной плотности пряжи

с неизменной степенью скрученности (коэффициентом крутки), т.е. $\alpha = \text{const}$:

$$\gamma(T) = \gamma_t \left(\frac{84}{T} \right)^m, \quad (2)$$

где $\gamma(T)$ – объемная плотность рассматриваемой пряжи с линейной плотностью T ; m – параметр, характеризующий упорядоченность структуры пряжи; для аппаратной шерстяной пряжи $m = 0,11$; γ_t – значение объемной плотности пряжи 84 текс, выработанной с метрическим коэффициентом крутки $\alpha = 133$ из 100% одного какого-либо сорта шерсти.

Для волокон хлопка, имеющих существенное отличие от волокон шерсти по длине, линейной плотности и степени извитости, представляет интерес определение степени влияния такого фактора, как линейная плотность пряжи, на ее объемную плотность. Сравнение двух видов принципиально разных волокон по степени их влияния на объемную плотность пряжи и ее диаметр имеет важное значение при проектировании продуктов текстильного производства.

Научные исследования

Одной из задач настоящей работы является определение параметра m в формуле (2) для хлопчатобумажной пряжи с целью использования в дальнейшем полученного значения для расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи в зависимости от коэффициента крутки.

Поскольку аппаратная шерстяная пряжа коренным образом отличается по своим свойствам от хлопчатобумажной, то формулу (2) предлагается модифицировать к виду:

$$\gamma(T) = \gamma_t \left(\frac{40}{T} \right)^m. \quad (3)$$

В формуле (3) линейная плотность хлопчатобумажной пряжи, равная 40 текс, выбрана не случайно. Поскольку физические основы формирования пряжи из волокнистых материалов одинаковы для любых видов волокон, то было принято решение установить значение линейной плотности хлопчатобумажной пряжи, равное 40 текс, исходя из того, что хлопчатобумажная пряжа 40 текс и шерстяная 84 текс должны иметь примерно одинаковое число волокон в своем поперечном сечении. Кроме того, табличное значение коэффициента крутки для хлопчатобумажной пряжи предлагается принять равным 80.

Отобранные образцы пряжи различной линейной плотности исследовались на

предмет измерения поперечника под микроскопом. На предметный столик наматывались витки пряжи под одинаковым натяжением 4,9 сН. Для каждого образца пряжи длиной 5-7 м делалось по 80 измерений, что позволило достичь относительной погрешности не более 1 %.

При исследовании хлопчатобумажной пряжи использовалась гребенная и кардная пряжа, имеющая следующие линейные плотности:

- 1) гребенная пряжа: 14, 18,5 и 37 текс;
- 2) кардная пряжа: 24, 40 и 56 текс.

Результаты эксперимента сведены в табл. 1. В таблице приведены гипотетические данные для линейной плотности пряжи 2 текс, так как реально такую пряжу получить невозможно. Объемная плотность пряжи с такой маленькой линейной плотностью рассчитывалась для гексагонального строения пряжи при количестве волокон в сечении, равном 10. Коэффициент неидеальности структуры при этом принимался равным 0,9 для гребенной пряжи и 0,83 для кардной.

Таблица 1

Вид х/б пряжи	Линейная плотность пряжи	Диаметр пряжи d, мм	Объемная плотность пряжи γ , мг/мм ³
Гребенная	2	0,043	1,38
	14	0,140	0,91
	28	0,207	0,83
	37	0,252	0,74
Кардная	2	0,045	1,28
	24	0,199	0,77
	28,5	0,231	0,68
	56	0,331	0,65

На рис. 1 приведены результаты обработки экспериментальных данных и расчета объемной плотности исследованных образцов пряжи с использованием прикладного математического пакета Mathcad в виде графиков (1 – гребенная пряжа; 2 – кардная пряжа; кружки и треугольники – экспериментальные значения объемной плотности пряжи соответственно).

Расчет параметра m и табличного значения объемной плотности проводился по методу наименьших квадратов также с использованием пакета Mathcad.

Из рис. 1 видно, что при увеличении линейной плотности хлопчатобумажной пряжи, выработанной с одинаковой степенью скрученности α , ее объемная плотность уменьшается. Это вызвано увеличением числа волокон в сечении пряжи, а следовательно, увеличением сопротивления внутренних волокон уплотнению со стороны наиболее натянутых наружных волокон.

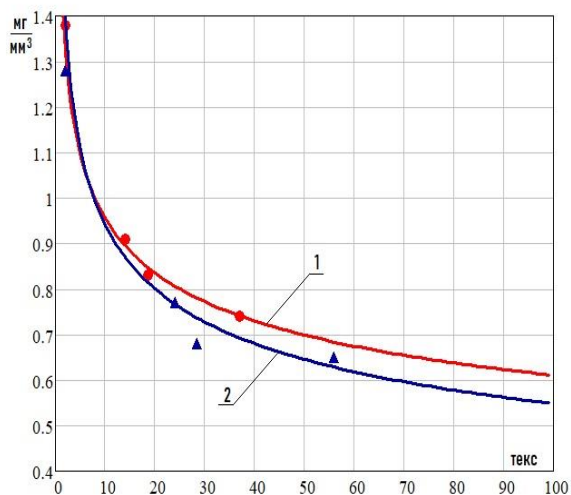


Рис. 1

Разница в значениях параметра m для гребенной и кардной хлопчатобумажной пряжи вызвана разной степенью распрямленности и ориентации волокон. Поскольку волокна в пряже, полученной по гребенной системе прядения, лучше ориентированы и распрямлены, то их легче уплотнить с помощью крутки, и пряжа будет иметь более высокую плотность по сравнению с кардной пряжей.

Из табл. 2 видно, что параметр m , используемый в формуле (3), значительно отличается от аналогичного параметра в модели (2), что в конечном счете существенно влияет на расчеты диаметра пряжи по формуле (1).

Таблица 2

№ п/п	Наименование вида волокон	Одиночная пряжа			
		m	γ_v , мг/мм ³	T_t , текс	α_t
1	Хлопок гребенной I-III тип (для гребенной пряжи)	0.195	0.73	40	80
2	Хлопок кардный IV-VII тип (для кардной пряжи)	0.235	0.68	40	80

Данные проведенного эксперимента сведены в табл. 2 и могут быть использованы в качестве справочных для расчетов диаметра хлопчатобумажной пряжи при проектировании таких текстильных материалов, как ткань или трикотаж.

ВЫВОДЫ

1. На основании приведенных исследований предложена научно обоснованная математическая модель зависимости объемной плотности хлопчатобумажной пряжи от ее линейной плотности при постоянном коэффициенте крутки.

2. Определен параметр, характеризующий упорядоченность структуры пряжи для гребенной и кардной систем прядения хлопка.

3. Результаты исследований имеют научную новизну и могут быть использованы в моделях расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи при проектировании тканей и трикотажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М. Текстильное материаловедение и управление качеством. М.: ИНФРА-М, 2022.
2. Севостьянов А.Г., Осмин Н.А., Щербаков В.П. и др. Механическая технология текстильных материалов. М.: Легпромиздат, 1989.
3. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. М.: Тико Принт, 2013.
4. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. М.: Легкая индустрия, 1980.
5. Осмин Н.А., Зиновьев Т.В., Мельников В.В., Зиновьев В.П. Метод расчета объемной плотности и диаметра аппаратной шерстяной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2001. № 2 (260). С. 45...49.
6. Щербаков В.П., Цыганов И.Б., Полякова Т.И., Скуланова Н.С., Попова Е.Р. Теория и расчет силовых факторов, определяющих равновесную структуру крученой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. №6. 2012. С. 75...77.
7. Корицкий К.И. Инженерное проектирование текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1971.
8. Щербаков В.П., Копылова Ю.А., Грачев А.В. Автоматизированное проектирование прочности многокомпонентной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. №3. С. 128...132.

9. Черников А.Н., Борисов В.А. Исследование процессов получения компактной упрочненной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2002. №3. С. 41...43.

10. Разумеев К.Э., Павлов Ю.В., Чистобородов Г.И., Ашнин Н.М., Плеханов А.Ф., Павлов К.Ю., Михайлов Б.С., Минофьев А.А., Халезов С.Л., Асташов М.М. Процессы, технология и оборудование приготовления крученой и фасонной пряжи и ниток. Иваново: ИВГПУ, 2014.

11. Севостьянов П.А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание, дискретизация, штапельирование, кручение, намотка, перемотка: монография. М.: КЛУБ-ПЕЧАТИ, 2021.

12. Матисмаилов С.Л., Ташпулатов С.Ш., Норбоева Р.Х. и др. Исследование показателей качества пряжи двойного кручения из стренг различных линейных плотностей и способов прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1 (403). С. 97...103.

REFERENCES

1. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M. Textile materials science and quality management. M.: INFRA-M, 2022. -386 p.

2. Mechanical technology of textile materials / Sevostyanov A.G., Osmin N.A., Shcherbakov V.P. et al. M.: Legpromizdat, 1989. 512 p.

3. Shcherbakov V.P. Applied and structural mechanics of fibrous materials. M.: Tiko Print, 2013. 304 p.

4. Migushov I.I. Mechanics of textile thread and fabric. M.: Light industry, 1980. 160 p.

5. Osmin N.A., Zinoviev T.V., Melnikov V.V., Zinoviev V.P. Method of calculating the volumetric density and diameter of hardware wool yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2001. № 2 (260). Pp. 45...49.

6. Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Polyakova T.I., Skulanova N.S., Popova E.R. Theory and calculation of force factors determining the equilibrium structure of a twisted thread // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 6. Pp. 75...77.

7. Koritsky K.I. Engineering design of textile materials. M.: Light industry, 1971. 352 p.

8. Shcherbakov V.P., Kopylova Yu.A., Grachev A.V. Automated strength design of multicomponent yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2013. No. 3. Pp. 128...132.

9. Chernikov A.N., Borisov V.A. Investigation of the processes of obtaining compact hardened yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2002. No. 3. Pp. 41...43.

10. Razumeev K.E., Pavlov Yu.V., Chistoborodov G.I., Ashnin N.M., Plekhanov A.F., Pavlov K.Yu., Mikhailov B.S., Minofiev A.A., Khalezov S.L., Astashov M.M. Processes, technology and equipment for the preparation of twisted and shaped yarn and threads. Ivanovo: IVGPU, 2014. 352 p.

11. Sevostyanov P.A. Dynamics and models of the main spinning processes: Loosening, cleaning, mixing, carding and combing, drawing, sampling, stapling, twisting, winding, rewinding. Monograph. M.: CLUB-PRINT, 2021. 592 p.

12. Matismailov S.L., Tashpulatov S.Sh., Norboeva R.Kh. et al. Investigation of quality indicators of double-twisted yarn from strands of various linear densities and spinning methods // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 1 (403). Pp. 97...103.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 25.01.23.

УДК 677.017.7

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_125

**К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ
ПРОЦЕССА ТКАЧЕСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛИИМИДНЫХ НИТЕЙ**

**ON THE ISSUE OF ASSESSING THE STRESSFULITY
OF THE WEAVING PROCESS WHEN USING POLYIMIDE THREADS**

П.Е. САФОНОВ¹, С.С. ЮХИН²

P.E. SAFONOV¹, S.S. YUKHIN²

¹ООО «ТЕКС-ЦЕНТР»,

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

¹TEKS-CENTRE Ltd,

²Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: info@teks-centre.ru, pavlin722007@yandex.ru

Исследование посвящено вопросу оценки ресурса полиимидных нитей Аримид в ткачестве. Впервые из опытов с постоянной скоростью нагружения определены параметры степенного закона долговечности нитей Аримид (B и b), что позволяет прогнозировать их повреждаемость. На основании расчета одного из критериев повреждаемости с учетом реального закона нагружения показано, что нити Аримид в процессе ленточного снования и ткачества на челночных и бесчелночных станках исчерпывают лишь часть своего ресурса, причем наибольшая повреждаемость характерна для станков системы СТБ в моменты зевообразования. Однако установлено, что комплексные нити Аримид в сравнении со многими другими нитями (в частности арамидными) перерабатываются значительно хуже, наблюдается разволокнение нити с образованием шишек и залипанием нитей в зева. Для облегчения переработки нитей Аримид предлагается обрабатывать их специальными синтетическими шлихтующими препаратами, наносимыми в процессе снования на машинах ленточного типа.

The study is devoted to the issue of assessing the resource of polyimide threads (Arimid) in weaving. For the first time, from experiments with a constant loading rate, the parameters of the power law of the durability of Arimid threads (B and b) were determined, which makes it possible to predict their damage. Based on the calculation of one of the damage criteria, taking into account the real loading law, it is shown that Arimid threads in the process of belt warping and weaving on shuttle and shuttleless looms exhaust only part of their resource, and the greatest damage is characteristic of STB machines at the moments of shedding. However, it has

been found that Arimid threads, in comparison with many other threads (in particular aramid), are processed much worse, there is a loosening of the thread with the formation of knobs and sticking of the threads in the shed. To facilitate the processing of Arimid threads, it is proposed to process them with special synthetic dressing preparations applied during warping machines.

Ключевые слова: ресурс нити, полиимиды, Аримид, перерабатывающая способность.

Keywords: thread resource, polyimides, Arimide, weavability

Настоящая работа проводилась с целью изучения особенностей технологии переработки термостойких полиимидных нитей Аримид в условиях ткацкого производства и оценки их ресурса в условиях снования и ткачества.

Полиимиды являются циклоцепными полимерами с макромолекулами из чередующихся ароматических и гетероциклов, они могут быть эффективно использованы в качестве полимерной основы конструкций с высокой температурой эксплуатации, так как отличаются высокой деформационной устойчивостью при нагреве (теплостойкость) и химической устойчивостью при нагреве (термостойкость) [1, 2]. Нити Аримид находят применение при изготовлении изделий, эксплуатируемых в условиях воздействия повышенной радиации и температуры (в том числе в условиях открытого космического пространства), а также открытого пламени, и являются на сегодняшний день одними из самых термо-, тепло- и огнестойких синтетических материалов отечественного производства.

Полиимидные нити Аримид имеют предельную температуру длительной эксплуатации порядка 270-320°C, температуру стеклования 360-380°C, температуру плавления 550°C, разложения 420-450°C. Сохранение прочности нитей Аримид при температуре 300°C составляет не менее 55-65%, кислородный индекс 48-50% [3]. Удельная плотность полиимидного волокна составляет 1,41-1,58 г/см³ [4], удельная разрывная нагрузка нити Аримид 45-60 сН/текс, удлинение при разрыве 10-14%, модуль упругости нити 10-13 ГПа.

Из полиимидных нитей линейной плотности 6,3, 11,1, 14,3, 29,4 и 58,8 текс

производства ООО «ЛИРСОТ» г. Мытищи в условиях экспериментально-опытного производства ООО «ТЕКС-ЦЕНТР» г. Москвы в разное время вырабатывались ткани разнообразных структур с поверхностной плотностью от 8,5 до 180 г/м². Основное назначение разработанной линейки тканей – использование в элементах пассивной системы терморегулирования космических аппаратов (экранно-вакуумная теплоизоляция, ЭВТИ).

Необходимо отметить, что полиимидные нити имеют высокую стоимость, поэтому их использование целесообразно только в тех случаях, когда другие синтетические нити не выдерживают условий эксплуатации (например, условия космического пространства).

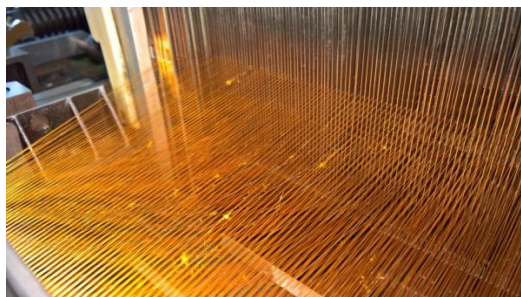
Из работ [5, 6] известно о сложностях, возникающих при переработке в ткачестве комплексных параарамидных нитей (Русар, Руслан и др.). В первую очередь переработчики высокопрочных и высокомодульных арамидных нитей сталкиваются с явлением снижения свойств (разрывная нагрузка, разрывное удлинение и работа разрыва) нитей по переходам приготовительного и ткацкого производства, что не позволяет полностью реализовать их высочайшие прочностные характеристики в структурах защитных тканей (бронезилеты, бронешлемы). Это приводит к вытеснению арамидных тканей неткаными структурами, полученными способом намотки на заданную оправку или выкладки прямолинейно ориентированных арамидных или СВМПЭ нитей под различными углами с последующей пропиткой связующим или иным способом соединения [7].

При этом в отечественной и зарубежной литературе фактически отсутствуют сведения об особенностях переработки в ткачестве других синтетических комплексных нитей специального назначения: полиимидных (Аримид), метаарамидных (Фенилон, Номекс), полиэфирэфиркетонных (ПЭЭК/РЕЕК), полифениленсульфидных (ПФС/PPS), нитей сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ/UHMWPE), фторсодержащих нитей (Фторин, Фторлон, Полифен) и др. А задача по оценке ресурса (степени поврежденности) перечисленных материалов не рассматривалась вовсе.

На основании многолетнего опыта переработки в ткачестве различных видов комплексных синтетических нитей установлено, что наиболее напряженные условия протекания технологического процесса наблю-

даются именно при переработке нитей Аримид (производитель нити ООО «ЛИРСОТ»). При этом часто вопрос стоит не о максимальном сохранении свойств нитей по переходам производства, как у параарамидных нитей, а о принципиальной возможности изготовления ткани.

На рис. 1 представлены фотографии, демонстрирующие проблемы, возникающие при изготовлении тканей из нитей Аримид на челночных и бесчелночных станках. Наблюдается мшиение нитей с образованием крупных шишек, которые не проходят через зубья берда и тем самым вызывают обрывность. Разволокненные основные нити также перепутываются и слипаются в задней части зева, что приводит к обрыву целой группы нитей одновременно.



а)



б)

Рис. 1

На рис. 2 представлены фотографии, свидетельствующие о том, что разволокнение нитей наблюдается уже в процессе ленточного снования, а в некоторых случаях дефектные участки нитей находятся внутри заводских паковок. При этом облегчить процесс переработки нитей Аримид позволяет лишь использование специ-

альных синтетических шлихтующих препаратов (холодная шлихта), которые предлагаются наносить в процессе снования (рис. 3) и/или непосредственно на ткацком станке, что позволяет подклеить отдельные филаменты, придать нити требуемую компактность.



Рис. 2



Рис. 3

Обозначив круг проблем, возникающих при переработке нитей Аримид, далее оценим их ресурс (степень повреждаемости).

Вопросу оценки перерабатывающей способности нитей в ткацком производстве уделялось особое внимание в работах проф. В.П. Щербакова [8, 9] и проф. С.Д. Николаева [10, 11]. Авторами предложено для оценки ресурса нити в процессе ткачества производить расчет одного из критериев (коэффициентов) повреждаемости.

Для оценки ресурса основы в ткачестве целесообразно пользоваться выражением повреждаемости как функции от времени, учитывающим трапецевидное (зевобразное) и пилообразное (прибой) нагружение нити основы на станке. Данный подход был развит в работах проф.

В.П. Щербакова [8] с учетом нелинейного принципа суммирования повреждений в интеграле Бейли [12].

При нелинейном суммировании повреждений функция повреждаемости $\omega(t)$ после N циклов не может быть представлена как произведение повреждаемости за один цикл на N циклов, в отличие от линейного принципа суммирования в интеграле Бейли. В.В. Москвитинным было получено соотношение нелинейной вязкоупругости, учитывающее предысторию нагружения (степень накопленных повреждений) материала [12].

Приведем выражение для функции повреждаемости нити основы, полученное проф. В.П. Щербаковым на основе выводов В.В. Москвитина:

$$\omega(t) = \frac{1}{B^{\frac{1}{b}}} \cdot \left[\frac{2f(N)}{1 + \frac{1}{b}} \left[(\sigma_2 - \sigma_1) P_z^{\frac{1}{b}} + (\sigma_3 - \sigma_1) P_p^{\frac{1}{b}} \right] + \sigma_1 (t_{\Sigma} - N t_{zv})^{\frac{1}{b}} + \sigma_2 N^{\frac{1}{b}} t_{zv}^{\frac{1}{b}} \right]; \quad (1)$$

$$f(N) = \left[1 - \frac{1}{2^{\frac{1}{b}}} + \frac{2N^{2+\frac{1}{b}} + (N+1)^{2+\frac{1}{b}} - 2 - 2^{2+\frac{1}{b}} + \frac{2}{2^{2+\frac{1}{b}}}}{2(2+\frac{1}{b})} + \frac{-2(N-0.5)^{2+\frac{1}{b}} + 2(1.5)^{2+\frac{1}{b}} - 2(N+0.5)^{2+\frac{1}{b}} + (N-1)^{2+\frac{1}{b}}}{2(2+\frac{1}{b})} \right]; \quad (2)$$

При выводе выражений (1) и (2) предполагается, что закон долговечности нити имеет вид степенной функции:

$$t_* = B \sigma_0^{-b}; \quad (3)$$

где t_* – время до разрушения, с; σ_0 – приложенное напряжение, кгс/мм²; B и b – параметры материала нити.

Для оценки степени поврежденности нити согласно выражению (1) необходимо, воспользовавшись реальным законом ее нагружения на станке, определить значения σ_1 , σ_2 и σ_3 (напряжение при заступе, выстое ремизки и прибое соответственно), P_p , P_z и t_{zv} (время прибоа, время подъема/опускания ремизки, время выстоя ремизки соответственно), общее время нагружения нити t_{Σ} при движении от навоя до опушки ткани и число циклов нагружения N , а также определить параметры долговечности нити B и b (константы материала).

Зная параметр b , можно вычислить показатель нелинейности в предельном соотношении Москвитина:

$$m = \frac{1}{b} - 1. \quad (4)$$

Вопросу определения параметров B и b степенного закона долговечности нити посвящены исследования [13-15]. Параметры долговечности нити определялись при трех уровнях скорости нагружения $\dot{\sigma}(t) = \text{const}$ на приборе STATIGRAPH (TEXTECHNO) [15]. Испытания предложено проводить таким образом, чтобы разрушающее напряжение нити определялось при трех различных скоростях нагружения, при этом фиксировалось время до разрушения. Тогда, используя метод наименьших квадратов, можно вычислить параметры долговечности исходя из следующего условия:

$$\sum_{i=1}^n (t_{*i} - B \sigma_{0i}^{-b})^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Для нитей Аримид линейной плотности 11,1 текс и 29,4 текс из опытов с постоянной скоростью нагружения $\dot{\sigma}(t) = \text{const}$

получены следующие значения параметров долговечности (табл. 1):

Таблица 1

Линейная плотность, текс	Крутка, кр./м	Параметры долговечности нити Аримид		
		B	b	m
11,1	180	$1,89 \times 10^{36}$	18,07	-0,945
29,4	180	$8,53 \times 10^{45}$	23,28	-0,957

На рис. 4 представлена экспериментальная кривая долговечности нити Аримид 29,4 текс.

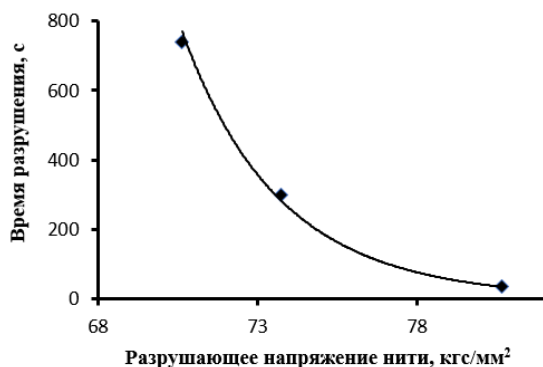


Рис. 4

Теперь произведем расчет повреждаемости нити Аримид в процессе ленточного снования. Примем, что снование ленты на

барабан происходит в условиях постоянного напряжения [16]. Тогда критерий повреждаемости примет вид:

$$\eta = \frac{t^{m+1} \cdot \sigma^{b(1+m)}}{B^{1+m}} \quad (6)$$

В табл. 2 представлены результаты расчета повреждаемости нитей Аримид при сновании на ленточной машине HF988C. Время нагружения нити в секундах рассчитывалось по формуле:

$$t_{\text{сн.ов.}} = \frac{L_0 \cdot 60}{V_{\text{сн.ов.}}} \quad (7)$$

где L_0 – длина нити в заправке машины, м; $V_{\text{сн.ов.}}$ – скорость снования, 150 м/мин.

Таблица 2

Положение нити в ставке шпулярика	Длина нити в заправке, м	Максимальное напряжение, кгс/мм²	Время нагружения нити, с	Критерий повреждаемости η
Аримид 11,1 текс				
1-й ряд	7	17,66	2,8	0,185
20-й ряд	12	16,83	4,8	0,182
Аримид 29,4 текс				
1-й ряд	7	5,09	2,8	0,056
20-й ряд	12	3,76	4,8	0,043

Обратим внимание на то, что длина нити в заправке машины для паковок с 1 и 20 вертикальных рядов существенно различается: длина нити в заправке с 1-го вертикального ряда составляет 7 м, а нити с 20-го вертикального ряда – 12 м.

Из данных табл. 2 следует, что уровень повреждаемости при сновании нитей 11,1 текс почти в 4 раза больше, чем нитей 29,4 текс. Повреждаемость нитей Аримид 11,1 текс удастся снизить до $\eta=0,067$ путем удаления грузовой шайбы в трехзонном натяжном приборе шпулярика.

Также установлено, что в целом повреждаемость аримидных нитей в процессе снования имеет низкие значения ($\eta \ll 1$). Процесс ленточного снования должен протекать при благоприятных условиях, обрывы могут быть вызваны только вследствие развязывания узлов или из-за непрохождения утолщенных участков нити через направляющие глазки, зубья ценового или суппортного берда.

Далее исследуем повреждаемость полиимидных нитей на ткацком станке при изготовлении тканей различных структур.

Для расчета повреждаемости нити основы воспользуемся выражениями (1) и (2).

Можно также привести выражения для расчета функции повреждаемости основы

$$\omega_{zv}(t) = \frac{1}{B\bar{b}} \left[f(N) \frac{2(\sigma_2 - \sigma_1)\Pi_z \bar{b}^{\frac{1}{b}}}{1 + \frac{1}{b}} + \sigma_1 N^{\frac{1}{b}} \Pi_z^{\frac{1}{b}} + \sigma_2 N^{\frac{1}{b}} t_{zv}^{\frac{1}{b}} \right], \quad (8)$$

$$\omega_p(t) = \frac{1}{B\bar{b}} \left[f(N) \frac{2(\sigma_3 - \sigma_1)\Pi_p \bar{b}^{\frac{1}{b}}}{1 + \frac{1}{b}} + \sigma_1 N^{\frac{1}{b}} \Pi_p^{\frac{1}{b}} \right]. \quad (9)$$

Для численного расчета функции повреждаемости нити основы в процессе ткачества необходимо воспользоваться реальным законом нагружения на станке. На рис. 5 представлена одна из экспериментальных тензограмм натяжения основы.

В табл. 3 и 4 приведены параметры закона нагружения арамидных нитей 11,1 и 29,4 текс при формировании тканей различных структур и результаты расчета функции повреждаемости соответственно. Скорость работы станков во всех случаях составляла 130-150 об/мин.

при зевобразовании (трапецевидное нагружение) и прибое (пилообразное нагружение) соответственно:

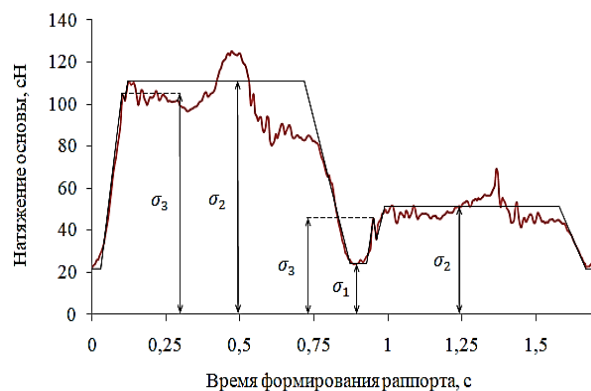


Рис. 5

Таблица 3

Переплетение	Тип станка	Плотность по утку, нит./см	Линейная плотность нити, текс	Общее время нагружения, с	Значения напряжения, кгс/мм ²			Продолжительность воздействий, с		
		P_y	$T_o = T_y$	t_{Σ}	σ_1	σ_2	σ_3	Π_p	Π_z	t_{zv}
Плотняное	челночный	10	11,1	607	8,2	11,5	10,3	0,0303	0,0242	0,3258
Саржа 2/2	СТБ	40	11,1	2547	3,2	16,5	12,4	0,025	0,0625	0,65
Саржа 1/2	челночный	40	11,1	2392	0,2	4,2	3,3	0,0262	0,0525	0,6545
Саржа 1/2	челночный	22	29,4	1307	0,7	3,8	3,4	0,037	0,0509	0,5926
Плотняное	челночный	17	29,4	1003	0,4	1,7	4,0	0,0226	0,0516	0,2677
Саржа 1/2	челночный	24	29,4	1415	1,2	3,8	5,5	0,04	0,08	0,47

Таблица 4

Переплетение	Тип станка	Плотность по утку, нит./см	Линейная плотность нити, текс	Результаты расчета повреждаемости		
		P_y	$T_o = T_y$	$\omega_{zv}(t)$	$\omega_p(t)$	$\omega(t)$
Плотняное	челночный	10	11,1	0,264	0,104	0,278
Саржа 2/2	СТБ	40	11,1	0,314	0,070	0,349
Саржа 1/2	челночный	40	11,1	0,075	0,012	0,085
Саржа 1/2	челночный	22	29,4	0,069	0,016	0,077
Плотняное	челночный	17	29,4	0,032	0,013	0,040
Саржа 1/2	челночный	24	29,4	0,075	0,026	0,086

При анализе данных табл. 3 и 4 установлено, что при переработке в ткачестве нитей Арамид будет исчерпана лишь не-

значительная часть их ресурса, так как расчетные значения функции повреждаемости $\omega(t) < 1$. При этом наиболее высо-

кий уровень повреждаемости наблюдается при выработке ткани на станке системы СТБ (арт. 56420: переплетение саржа 2/2, линейная плотность основы и утка 11,1 текс, плотность по основе и утку 40 нитей/см).

Установлено также, что повреждаемость вследствие прибоа (ω_p) намного меньше повреждаемости, вызванной зевобразованием (ω_{zv}). Это связано с тем, что продолжительность процесса зевобразования гораздо больше продолжительности прибоа.

ВЫВОДЫ

Впервые сформулирован круг проблем, возникающих в процессе переработки в ткачестве полиимидных нитей Аримид отечественного производства. Показано, что нити Аримид по переходам приготовительного и ткацкого производства разволокняются с образованием «шишек», что крайне затрудняет их переработку и негативно влияет на внешний вид тканей.

Для облегчения переработки нитей Аримид предлагается обрабатывать их специальными синтетическими шлихтующими препаратами типа холодной шлихты в процессе снования на машинах ленточного типа.

Впервые определены параметры степенного закона долговечности нитей Аримид (В и b), что позволяет прогнозировать их повреждаемость.

Произведена оценка ресурса нитей Аримид в процессе ленточного снования. Установлено, что полиимидная нить в процессе снования исчерпывает лишь малую часть своего ресурса ($\eta \ll 1$), причем с уменьшением толщины нити в 3 раза повреждаемость может увеличиться в 4 раза.

С учетом реального закона нагружения нитей Аримид на челночных и бесчелночных станках установлено, что в ткачестве будет исчерпана лишь часть ресурса основы, так как $\omega(t) < 1$. Наиболее высокий уровень повреждаемости наблюдается при выработке ткани на станке системы СТБ, при этом наибольший вклад в повреждаемость основы вносит процесс зевобразования.

1. Мусина Т.К., Волохина А.В., Щетинин А.М., Оприц З.Г., Ивашова В.А., Кия-Оглу В.Н., Педченко Н.В. Полиимидные и арамидные волокна и нити со специальными свойствами и изделия на их основе // В мире оборудования. 2010. № 2 (91). С. 4...8.

2. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. СПб.: Научные основы и технологии, 2011. 416 с.

3. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. СПб.: Научные основы и технологии, 2009. 380 с.

4. Сазанов Ю.Н., Грибанов А.В. Карбонизация полимеров. СПб.: Научные основы и технологии, 2013. 296 с.

5. Юхин С.С., Николаев С.Д., Рыбаулина И.В., Сафонов П.Е. Особенности переработки арамидных нитей и пряжи в ткачестве: монография. М.: МГУДТ, 2015. 174 с.

6. Сафонов П.Е. Разработка оптимальных технологических параметров изготовления арамидных тканей технического назначения: дис. ... канд. техн. наук. М.: МГУДТ, 2013. 358 с.

7. Ahmad M.R., Hassim N., Ahmad W.Y.W., Sam-suri A., Yahya M.H.M. Preliminary Investigation on the Ballistic Limit of Ultra High Molecular Weight Polyethylene Unidirectional Coated Fabric System // FIBRES AND TEXTILES in Eastern Europe. 2013. Vol. 21. № 3 (99). Pp. 89...94.

8. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов: монография. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008. 268 с.

9. Щербаков В.П., Болотный А.П., Цыганов И.Б., Щербакова Т.И. Вычисление критериев длительной прочности при нагружении нити основы на ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 6. С. 129...135.

10. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета: дис. ... д-ра техн. наук. М.: МТИ, 1988. 470 с.

11. Слугин А.И. Оценка напряженности заправки тканей из арамидной пряжи на ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 2С (307). С. 70...72.

12. Москвитин В.В. Сопротивление вязкоупругих материалов (применительно к зарядам ракетных двигателей на твердом топливе). М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1972. 328 с.

13. Щербаков В.П., Цыганов И.Б., Полякова Т.И., Болотный А.П. Экспериментальное определение и расчет параметров долговечности в критериях прочности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 2. С. 126...130.

14. Егоров Н.В., Щербаков В.П. Исследования свойств нитей Русар для изготовления технических тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 6 (327). С. 26...28.

15. Сафонов П.Е., Юхин С.С. Определение параметров закона долговечности нитей специального назначения из опытов с постоянной скоростью нагружения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 6 (372). С. 152...157.

16. Сафонов П.Е., Федорова Е.Е., Юхин С.С. Расчет повреждаемости арамидных нитей в процессе снования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. № 5. С. 74...76.

REFERENCES

1. Musina T.K., Volokhina A.V., Shchetinin A.M., Oprits Z.G., Ivashova V.A., Kiya-Oglu V.N., Pedchenko N.V. Polyimide and aramid fibers and threads with special properties and products based on them // In the world of equipment. 2010. No. 2 (91). Pp. 4-8.

2. Mikhailin Yu.A. Heat, thermo and fire resistance of polymer materials. St. Petersburg: Scientific foundations and Technologies, 2011. 416 p.

3. Perepelkin K.E. Reinforcing fibers and fibrous polymer composites. St. Petersburg: Scientific foundations and Technologies, 2009. 380 p.

4. Sazanov Yu.N., Griбанov A.V. Carbonization of polymers. St. Petersburg: Scientific foundations and technologies, 2013. 296 p.

5. Yukhin S.S., Nikolaev S.D., Rybaulina I.V., Safonov P.E. Features of processing aramid threads and yarn in weaving. M.: MGUDT, 2015. 174 p.

6. Safonov P.E. Development of optimal technological parameters for the manufacture of aramid fabrics for technical purposes. M.: MGUDT, 2013. 358 p.

7. Ahmad M.R., Hassim N., Ahmad W.Y.W., Sam-suri A., Yahya M.H.M. Preliminary Investigation on the Ballistic Limit of Ultra High Molecular Weight Polyethylene Unidirectional Coated Fabric System // FIBERS AND TEXTILES in Eastern Europe. 2013. Vol. 21. No. 3 (99). Pp. 89...94.

8. Shcherbakov V.P., Skulanova N.S. Fundamentals of the theory of deformation and strength of textile materials. M.: Kosygin Moscow State Technical University, 2008. 268 p.

9. Shcherbakov V.P., Bolotny A.P., Tsyganov I.B., Shcherbakova T.I. Calculation of criteria for long-term strength when loading the warp thread on a loom //

Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2011. No. 6. Pp. 129...135.

10. Nikolaev S.D. Forecasting of technological parameters of fabric production of a given structure and development of methods for their calculation. M.: MTI, 1988. 470 p.

11. Slugin Alexey I. Assessment of the intensity of filling fabrics from aramid yarn on a loom // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2008. No. 2C (307). Pp. 70-72.

12. Moskvitin V.V. Resistance of viscoelastic materials (in relation to charges of rocket engines on solid fuel). – M.: Publishing house "Science", the main edition of the physical and mathematical literature, 1972. 328 p.

13. Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Polyakova T.I., Bolotny A.P. Experimental determination and calculation of durability parameters in strength criteria // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. No. 2. Pp. 126-130.

14. Egorov N.V., Shcherbakov V.P. Studies of the properties of Rusar threads for the manufacture of technical fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. № 6 (327). Pp. 26-28.

15. Safonov P.E., Yukhin S.S. Determination of the parameters of the law of durability of special purpose threads based on the results of experiments with a constant loading rate // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. № 6 (372). Pp. 152-157.

16. Safonov P.E., Fedorova E.E., Yukhin S.S. Calculation of damage to aramid threads during warping // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 5. Pp. 74-76.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий РГУ им. А.Н.Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 13.03.23.

УДК 677.07:661.174

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_133

**ИННОВАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕКСТИЛЬ
ВОЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ТЕРМОТЕКС**

**INNOVATIVE TECHNICAL TEXTILES
FOR MILITARY AND CIVILIAN PURPOSES
USING THERMOTEX FLAME RETARDANTS**

Э.А. КОЛОМЕЙЦЕВА¹, Г.А. СМИРНОВ², А.П. МОРЫГАНОВ³

E.A. KOLOMEYTSEVA¹, G.A. SMIRNOV², A.P. MORYGANOV³

¹ООО «Апотекс»,

²ООО «ГД "ИвановоБрезент"»,

³Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН)

(¹Limited Company «Apotex»,

²Limited Company «TD IvanovoBrezent»,

³G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences)

E-mail: apm@isc-ras.ru

В статье представлены разработанные ООО «Апотекс» (г. Иваново) совместно с ИХР РАН (г. Иваново) экологически безопасные замедлители горения Тезагран и Термотекс для огне-, термо-, огнебиозащитной и многофункциональной отделки технических тканей, нетканых материалов, трикотажа, объемных утеплителей из натуральных (в том числе российских льна и конопли) и синтетических волокон, обеспечивающие более высокие показатели защиты в сравнении с импортными аналогами. Впервые в практике получена устойчивость к прожиганию 150-200 с при $t=800^{\circ}\text{C}$ на хлопкополиэфирных тканях с содержанием полиэфира 30-50%. На нескольких текстильных предприятиях Ивановского региона начато серийное производство трудногорючих огнезащитных технических тканей с использованием разработанных препаратов.

The article presents the environmentally safe gorenje retarders Tezagran and Thermotex developed by Apotex LLC (Ivanovo) together with the IHR RAS (Ivanovo) for fire, thermo, fire-protective and multifunctional finishes of technical fabrics, nonwovens, knitwear, volumetric insulation materials from natural (including Russian flax and hemp) and synthetic fibers, providing higher protection rates in comparison with imported analogues. For the first time in practice, resistance to burning 150-200 s at $t = 800^{\circ}\text{C}$ on cotton polyester fabrics with a polyester content of 30-50% was obtained. At several textile enterprises of the Ivanovo region, serial production of flame-resistant technical fabrics using the developed preparations has been started.

Ключевые слова: антипирены Тезагран, Термотекс, огне-, термо-, био-защитная и многофункциональная отделка, технические ткани, нетканые материалы, импортозамещение.

Keywords: flame retardants Tezagran, Thermotex, fire, thermo, bio-protective and multifunctional finishing, technical fabrics, non-woven materials, import substitution.

К современным текстильным техническим материалам предъявляется ряд специальных требований в связи с применением их в жестких, иногда экстремальных условиях [1]. Особое значение приобретает получение таких материалов с многофункциональными свойствами, в которых объединены несколько необходимых для потребителя функций, таких, как термостойкость (отсутствие деструкции, разрушения при повышенных температурах), огнезащитность, пожаробезопасность (устойчивость к воздействию открытого пламени), биоцидность (устойчивость к воздействию болезнетворных микроорганизмов и плесневых грибов).

Текстильные материалы со свойствами огнезащиты до настоящего времени получали в основном с использованием импортных антипиренов [2, 3]. Эти препараты и их выпускные формы дороги, не всегда обеспечивают соответствие обработанных ими тканей всему комплексу специальных и гигиенических требований, в частности, по содержанию галогенов, формальдегида и других экологически опасных составляющих. Так, известный антипирен-замедлитель горения, лежащий в основе способа Пробан, выпускаемый в настоящее время КНР, – хлорид гидроксиметил фосфония – отличается высокой токсичностью продуктов пиролиза выде-

ляемых соединений при обработке тканей и их эксплуатации.

Кроме того, на рынке огнезащитных и термостойких тканей значительную нишу занимают материалы на основе зарубежных термостойких волокон, в основном ариламидных. Однако проведенные в последнее время нами совместно с ИГМА испытания показали, что их применение небезопасно в связи с длительным сроком утилизации и выделением при этом весьма вредных химических соединений. Недостатком использования ариламидных термостойких тканей является также их высокая стоимость при низкой стойкости к открытому пламени.

С учетом актуальности и высокой практической значимости направления по разработке высокоэффективных отечественных антипиренов и пожаробезопасных текстильных и полимерных материалов фирмой «Апотекс» (г. Иваново) совместно с Институтом химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново) создаются инновационные комплексные экологически безопасные замедлители горения для технических текстильных материалов (ткани, трикотажные, нетканые полотна) в качестве альтернативы импортным антипиренам [4]. Эти антипирены и комплексные препараты на их основе используются на ряде предприятий Ивановской, Ниже-

городской, Калужской, Владимирской и других областей.

Созданные антипирюющие составы Тезагран, а также препараты последнего поколения Термотекс являются композиционными, изменяя соотношение компонентов в которых можно получать препараты разной направленности для различных объектов. Многокомпонентный состав замедлителей горения с введением различных активирующих добавок и катализаторов предпочтительнее, подбор компонентов позволяет воздействовать на разные стадии процессов, происходящих при защите текстильного волокнистого материала в нужном направлении. Многофункциональность составов позволяет одновременно получать материалы с набором управляемых защитных свойств по эконо-

мичной ресурсосберегающей технологии сокращенной стадийности [5].

Разработанные высокоэффективные замедлители горения позволяют получить одновременно улучшенные показатели термостойкости и огнезащитности для материалов различной природы. Как видно из данных, представленных в табл. 1, различные марки антипирена Термотекс обеспечивают для обработанных ими технических тканей различного сырьевого состава (хлопковое волокно и смеси его с полиэфирным) значительно более высокие показатели огнезащиты, чем используемые ранее антипирены Фламментин фирмы Тор (Германия), Пробан (КНР), и успешно их заменяют.

Таблица 1

Вид ткани, поверхностная плотность, антипирен для обработки	Максимальная температура газообразных продуктов горения, °С	Коксовый остаток после пиролиза, %	Кислородный индекс, %	Устойчивость к прожиганию при 800 °С, с
Ткань саржевого переплетения (Вхл – 100%), пов. плотность 370 г/м ² , Термотекс Хл-У	340	75,0	42,1	245
Ткань полотняного переплетения (ПЭФ – 30, Вхл – 70 %), пов. плотность 420 г/м ² , Термотекс СВ	397	64,0	36,8	312
Ткань полотняного переплетения (ПЭФ – 40, Вхл – 60 %), пов. плотность 370 г/м ² , Термотекс СВ	381	69,0	32,4	156
Ткань Antiflame (ПЭФ – 20, Вхл – 80 %), пов. плотность 430г/м ² , антипирен ф. Тор, ФРГ	610	31,0	27	31
Ткань Indura ф. Westex (Вхл – 100 %), пов. плотность 370 г/м ² , антипирен Пробан, КНР	540	24,0	30	34
Норматив	Не более 500	-	Не менее 28	Не менее 40

Необходимо отметить, что в процессе обработки антипиреном Термотекс прочностные физико-механические показатели текстильных материалов снижаются весь-

ма незначительно. Так, разрывная нагрузка указанных в таблице тканей составляет 1020-1080 Н по основе и 490-510 Н по утку. Важным преимуществом выпускаемых

антипиренов является их экологическая безопасность – как нетоксичность самих антипиренов, так и отсутствие ядовитых газообразных выделений при воздействии тепловых потоков и открытого пламени. Токсичность и биоцидность образцов технических тканей, обработанных препаратом Термотекс-Био, определялись на приборе «Биотекс-10» и биосенсором «Эколюм» в условиях Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожной гигиены (ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора) [6].

Совместно с ООО «ГД "ИвановоБрезент"» (г. Иваново) в условиях предприятия по ресурсосберегающим технологиям получены и в настоящее время выпускаются промышленные партии инновационных технических тканей с комплексом улучшенных специальных свойств (огне-, термостойкость, биоцидность) с использованием экологически безопасных препаратов Термотекс-СВ и Термотекс-СВБио. Впервые в практике получены высокие показатели термостойкости, т.е. устойчивость к воздействию тепловых потоков при температуре 200-300 °С без снижения прочностных показателей и устойчивость к прожиганию 150-200 с при $t=800$ °С на выпускаемых предприятием хлопкополиэфирных тканях (с содержанием полиэфира 30-50%). Предназначены эти ткани для изготовления спецодежды сварщиков, металлургов, нефтехимиков, рабочих транспортного машиностроения, сотрудников МЧС. Ткани с такими защитными свойствами, особенно в последнее время, находят достаточно широкое применение в оборонно-промышленном комплексе при пошиве специальной одежды, тентов, укрытий военной техники, изготовлении рукавов для прогрева двигателей, защите кабелей, шлейфов и шлейфовых соединений в различной инфраструктуре ОПК.

В настоящее время разработаны специальные химические составы также с использованием препаратов Термотекс, придающие текстильным материалам, кроме свойств огне- и термостойкости, эффект маскировки от приборов ночного видения. Основой для такой защитной экипировки

служат ткани определенной структуры и состава, выпускаемые на предприятиях г. Иванова.

Эффективные огне- и огнебиозащитные препараты Термотекс разработаны также для нетканых материалов, производство которых увеличивается в мире в настоящее время высокими темпами. Используются нетканые материалы при пошиве спецодежды, в транспортном машиностроении, в качестве основы для линолеумов, при изоляции трубопроводов и т.д. Льносодержащие нетканые материалы с высокими огнебиозащитными свойствами представляют интерес для изготовления пожаробезопасных биостойких (подавляющих действие плесневых грибов и болезнетворных бактерий) чехлов на матрасы. Эти изделия могут использоваться для обеспечения комплексной безопасности пассажирских вагонов железнодорожного и других видов транспорта, в том числе специального, а также в социальной сфере (дома престарелых, больницы, учреждения УФСИН). Поставленная задача тем более важна, что ныне применяемые нетканые материалы, например, в железнодорожном транспорте при высокой их стоимости не обеспечивают требуемые показатели огнестойкости и биоцидности. В других отраслях в настоящее время эти материалы практически не применяются, хотя они также могут способствовать обеспечению комплексной безопасности человека и общества (например, при изготовлении объемных утеплителей в гражданском и военном строительстве [7]).

Следует отметить, что перспективным видом волокнистого сырья для изготовления нетканых материалов может стать, помимо льноволокна, и безнаркотическое конопляное волокно, урожайность которого в 2-3 раза выше льна. В ряде стран Евросоюза нетканые материалы из экологически безопасных льняных и конопляных волокон с 1999 г. успешно применяются для тепло- и звукоизоляции стен, крыш и перекрытий жилых и общественных зданий. Данные, представленные в табл. 2, показывают, что основные показатели огнезащитных, биоцидных и термостойких

свойств различных смесок на основе, например, конопляного волокна, обработанных антипиреном Тезагран-Н-Био, зна-

чительно превышают соответствующие нормативы.

Т а б л и ц а 2

Состав волокнистых смесок*	Качественные показатели			
	Кислородный индекс, %	Потеря массы при пиролизе, %	Коэффициент биостойкости, %	Термостойкость, с, при t=400 °С
Конопляное волокно + лен	38,5	9,6	98	350
Конопляное волокно + ПЭФ	36,2	11,4	95	330
Конопляное волокно + арамидное волокно	41,0	9,1	95	470
Норматив	Не менее 28	Не более 20	Не менее 85	-

*Количество введенного в смеску второго компонента – 25%.

Обобщая представленные данные, следует подчеркнуть, что отечественные инновационные препараты группы Термотекс и Тезагран, изготавливаемые из российского сырья и предназначенные для огнезащитной, огнебиозащитной и других видов отделки различных технических материалов из натуральных, синтетических волокон и их смесей, обладают следующими преимуществами:

эффективность – высокие показатели огнетермозащиты, устойчивость к воздействию интенсивных тепловых потоков, отсутствие деструкции волокна при обработке, высокие показатели биозащиты;

экономичность – небольшие концентрации препарата и композиционных составов для полифункциональной защитной отделки в рабочем растворе (150-250 г/л) за счёт эффективности их действия при относительно невысокой стоимости (взамен антипиренов Фламментин FMB и Фламментин НМ ф. Thor, антипиренов Flammex BSD ф. Zschimmer und Schwarz, Германия, Пробан КНР и ряда других);

экологичность – экологически безопасные химические вещества, не содержащие галогены, формальдегид, не дающие токсичных газообразных выделений при отделке и воздействии огня и высоких температур.

Таким образом, с использованием инновационных препаратов Термотекс и Тезагран вполне возможно и целесообразно

расширение производства импортозамещающих огне-, био- и термостойких технических текстильных материалов с улучшенными защитными свойствами для различных областей применения, как гражданских, так и военных (в том числе для защитной экипировки и систем обеспечения безопасности военнослужащих и военной техники, при строительстве служебных, производственных и жилых объектов).

В Ы В О Д Ы

1. Показана эффективность использования новых модификаций антипиренов Тезагран и Термотекс для огне-, термо- и комплексной защитной отделки технических тканей и нетканых материалов, обеспечивающих более высокие показатели защиты в сравнении с импортными аналогами.

2. Доказана возможность применения полученных материалов для изготовления изделий двойного назначения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Козинда З.Ю., Горбачева И.Н., Суворова Е.Г. и др. Методы получения текстильных материалов со специальными свойствами. М.: Легпромбытиздат, 1988.
2. Georlette P.R. Полимерные антипирены. Требования и рынок // Kunststoffe. 2004. Т. 94. №9. С. 256...260.
3. Константинова Н.И. Огнезащита текстильных материалов: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2004.

4. Новые разработки ООО "Апотекс" [Электронный ресурс]. www.apotex.ru.

5. Коломейцева Э.А., Морыганов А.П. Огне-, термо- и комплексная защитная отделка текстильных технических материалов с использованием препаратов Тезагран // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №6. С.47...51.

6. Сачков О.В., Чистобородов Г.И., Вильк М.Ф., Аксенов В.А., Морыганов П.А., Коломейцева Э.А., Юдаева О.С., Гладаренко А.С. Текстильные материалы и изделия со специальными свойствами для обеспечения экологической, гигиенической и пожарной безопасности пассажирских вагонов. М.: ФГУП ВНИИЖГ, 2011.

7. Коломейцева Э.А., Родионов К.В., Морыганов А.П. Новая технология получения экологически безопасных объемных утеплителей с улучшенными огне-термо-биозащитными свойствами // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. мат. II Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году культуры безопасности. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия государственной противопожарной службы МЧС России, 2018. Ч. 1. С. 294...298.

3. *Konstantinova N.I.* Fire protection of textile materials. Dissertation ... doctor of technical sciences. M., 2004.

4. New developments of ООО "Апотекс". Electronic resource: www.apotex.ru.

5. *Kolomeitseva E.A., Moryganov A.P.* Fire-, thermo- and complex protective finishing of textile technical preparations using Tezagran preparations // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. No. 6. P. 47...51.

6. *Sachkov O.V., Chistoborodov G.I., Vilk M.F., Aksenov V.A., Moryganov P.A., Kolomeitseva E.A., Yudaeva O.S., Gladarenko A.S.* Textile materials and products with special properties to ensure environmental, hygienic and fire safety of passenger cars. M.: FGUP VNIIZHG, 2011.

7. *Kolomeitseva E.A., Rodionov K.V., Moryganov A.P.* New technology for obtaining environmentally friendly bulk insulation with improved fire-thermal-bioprotective properties // *Modern fire-safe materials and technologies. Sat. mat. II Intern. scientific practical Conf. dedicated to the year of safety culture*. Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2018. Ch. 1. S. 294...298.

REFERENCES

1. *Kozinda Z.Yu., Gorbacheva I.N., Suvorova E.G. and other.* Methods for obtaining textile materials with special properties. M.: Legprombytizdat, 1988.

2. *Georlette P.R.* Polymer flame retardants. Requirements and market // *Kunststoffe*. 2004. T.94. No.9. P. 256...260.

Рекомендована организационным комитетом IV Международного научно-практического симпозиума "Технический текстиль России: нетканые материалы, сырье, реинжиниринг". Поступила 07.03.23.

УДК 677.11:620.192.67

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_138

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПЕРЕВЯЗОЧНЫХ СРЕДСТВ*

MULTIFUNCTIONAL NON-WOVEN MATERIALS FOR INNOVATIVE DRESSINGS

Н.С. ДЫМНИКОВА, А.П. МОРЫГАНОВ, М.Г. КИСЕЛЕВ

N.S. DYMNIKOVA, A.P. MORYGANOV, M.G. KISELEV

(Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук)
(G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences)

E-mail: nsd@isc-ras.ru

В работе показана возможность создания биологически активных перевязочных средств на основе наночастиц серебра, иммобилизованных на нетканом материале. Доказано, что, варьируя тип волокнистого материала

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание рег. № НИОКИР АААА-А21-122040500050-5)

и количественный состав его в текстильной матрице, можно управлять процессом выхода активных частиц из материала в рану, создавая тем самым условия для пролонгированного действия либо для ударной дозы. Установлены перспективы создания комбинированных биологически активных перевязочных средств с антимикробным и местноанестезирующим действием.

The paper shows the possibility of creating biologically active dressings based on silver nanoparticles immobilized on non-woven material. It is proved that varying the type of fibrous material and its quantitative composition in the textile matrix, it is possible to control the process of release of active particles from the material into the wound, thereby creating conditions for prolonged action or for a shock dose. Prospects for the creation of combined biologically active dressings with antimicrobial and local anesthetic action have been established.

Ключевые слова: нетканые материалы, наночастица серебра, перевязочные средства, сорбция, десорбция, целлюлозные и синтетические волокна.

Keywords: nonwovens, silver nanoparticles, dressings, sorption, desorption, cellulose and synthetic fibers.

Актуальность совершенствования раневых покрытий диктуется задачами современной реконструктивной хирургии и низкой эффективностью традиционных перевязочных средств. Кроме того, развитие концепции процесса ранозаживления предъявляет новые требования к раневым покрытиям, функции которых в настоящее время значительно расширились и заключаются не только в защите раны от внешних воздействий, но и в создании оптимальных условий для заживления [1, 2]. Еще недавно хирурги решали эту задачу с помощью марлевых бинтов. Бинты впитывали излишки экссудата, прикрывали рану от загрязнения, обеспечивали стерильность и... намертво присыхали к ране так, что процесс перевязки превращался в болезненную и травмирующую процедуру.

Современные перевязочные материалы должны соответствовать следующим требованиям [2]:

- защита от механических воздействий (давление, удар, трение), от загрязнения и химического раздражения;
- защита от вторичной инфекции;
- защита от высыхания и потери физиологических жидкостей (электролитов);
- сохранение адекватной температуры.

Кроме защиты раны повязка может также активно влиять на процессы заживления благодаря очистке раны, созданию микроклимата, способствующего заживле-

нию и поддержанию раны в покое. По современным представлениям повязка должна выбираться не только на основе типа и характеристики раны, но и быть удобной в использовании и обеспечивать высокое качество жизни пациента.

Получать изделия, в максимальной степени удовлетворяющие комплексу указанных требований, позволяют современные технологии изготовления нетканых материалов (НМ). Широчайшая гамма их уникальных свойств обеспечивается как за счет сочетания различных видов сырья, так и за счет применения оригинальных технологических приемов, использования структурных элементов и т.д. [3]. При этом необходимо обратить внимание на более короткий технологический цикл, а соответственно, и более низкую себестоимость процесса производства НМ в сравнении с технологиями выработки классических видов текстиля (тканей, трикотажа). Но все-таки проектирование структуры нетканых материалов – это работа технологов. А задачей текстильной химии является сделать это изделие функциональным, т.е. придать ему комплекс различных свойств, таких, как бактериостатические и антибактериальные, противовирусные, обезболивающие и т.д., которые позволят минимизировать развитие патогенных микроорганизмов как

на поверхности человеческого тела, так и в структуре самого материала в процессе его эксплуатации [4].

Ранее проведенными исследованиями в ИХР РАН на основании сравнительной оценки биологической активности льноволокна, обработанных различными антимикробными препаратами (сангвиритрин, диоксидин, хлоргексидина биглюконат, мирамистин, отечественные производные гуанидина и др.), осуществлен выбор данных препаратов и их концентрации, минимально необходимых для достижения антимикробного действия перевязочных средств и отсутствия аллергических эффектов при контакте с раневой поверхностью. Совместно с ООО «Предприятие «Владекс» наработаны экспериментальные и опытные образцы повязок атравматичных антимикробных сорбционных «Биолен» [5].

В настоящее время считают перспективными перевязочные средства, содержащие соединения серебра, которые обеспечивают проявление высокой эффективности в отношении возбудителей хирургической инфекции, устойчивых к метициллину и ванкомицину [6, 7]. Интерес к соединениям серебра обусловлен их относительно невысокой токсичностью для человека, но при этом низкой адаптацией к ним патогенных микроорганизмов [8].

В ИХР РАН разработана серия препаратов Нанотекс, содержащих наночастицы серебра (НЧ_{Ag}) [9...11]. На наш взгляд, эффективным приемом расширения свойств формируемых ультрадисперсных частиц серебра и увеличения длительности антимикробного эффекта готового изделия является включение в их стабилизирующую оболочку полимеров, способных повышать сорбционную способность НЧ_{Ag} по отношению к целлюлозе. В качестве таких полимеров могут выступать катионные полиэлектролиты.

Включение полиэлектролитов в стабилизирующую оболочку наночастиц серебра приводит к усилению взаимодействия последних с целлюлозным субстратом, способствует повышению устойчивости антимикробного эффекта серебросодержащего целлюлозного материала при его

многократных влажно-тепловых обработках и увеличению сроков его эксплуатации. Участие катионактивных полиэлектролитов в формировании структуры дисперсных частиц серебра приводит также и к повышению активности последних по отношению к биологическим объектам. Наличие в оболочке НЧ_{Ag} положительно заряженных групп способствует адсорбции наночастиц на отрицательно заряженной поверхности клетки, усиливает их взаимодействие с клеточной мембраной, что приводит к её дестабилизации, нарушению транспортных и барьерных функций.

В предыдущих исследованиях была доказана высокая антимикробная активность разработанного препарата по отношению к таким тест-культурам, как *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*. По данным микробиологических исследований, зоны ингибирования роста тест-культур вокруг образцов составляют более 2 мм при содержании наночастиц серебра не более $1,9 \cdot 10^{-3}$ моль/кг волокна.

Одним из важных факторов, оказывающих существенное влияние на свойства новых материалов широкого спектра применения, является правильный подбор сырья. При производстве высококачественных нетканых материалов рекомендуют применять главным образом целлюлозное сырье, а для обеспечения атравматичных свойств необходимо включать в структуру полотна гидрофобные полиэфирные или полипропиленовые волокна, которые обладают нулевой сорбцией водяных паров и не раздражают кожные покровы человека.

В связи с этим большой интерес представляет разработка методов иммобилизации наночастиц серебра на различные по химической природе волокна для создания медицинских изделий с регулируемой скоростью выхода активных реагентов из полимерного материала в физиологические среды и прогнозируемый уровень их воздействия на микроорганизмы.

Согласно данным, приведенным на гистограмме (рис. 1), сорбция НЧ серебра целлюлозными волокнами при обработке текстильных материалов препаратом Нанотекс в 2-4 раза выше, чем у поли-

эфирных волокон. При этом из волокон хлопка, льна и гидратцеллюлозных десорбируется за 6 часов в физраствор 50-63 % НЧ, из ПЭФ – 90 %.

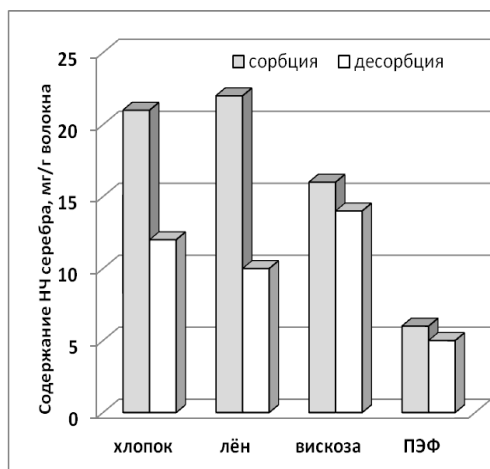


Рис. 1

Рациональным подходом к созданию функционализированных текстильных материалов является, с одной стороны, сочетание высокой биологической активности препаратов и, с другой стороны, использование современных возможностей изготовления материалов требуемой структуры и различного волокнистого состава, при которых обеспечивается заданная скорость выхода активных реагентов из полимерных матриц и прогнозируемый уровень их воздействия на микроорганизмы.

На рис. 2 приведена гистограмма, характеризующая кинетику десорбции НЧ_{Ag} из смеси разных по природе волокон в физраствор при температуре 35-36 °С.

Композиция волокон хлопок-ПЭФ по сравнению с лен-ПЭФ позволяет количественно увеличить десорбцию частиц серебра в физраствор с 0,08 до 0,12 мг, а введение вискозных волокон – до 0,16 мг, тем самым обеспечивая при необходимости ударную дозу. Сравнивая десорбцию из хлопкового и льняного волокна, можно сделать вывод, что хлопок достаточно быстро высвобождает антимикробный препарат, а волокна льна медленно отдают препарат, что позволит создать условия для пролонгированного действия. Эти

данные доказывают, что, меняя качественный и количественный состав текстильной матрицы, можно управлять процессом выхода активных частиц из материала в рану.

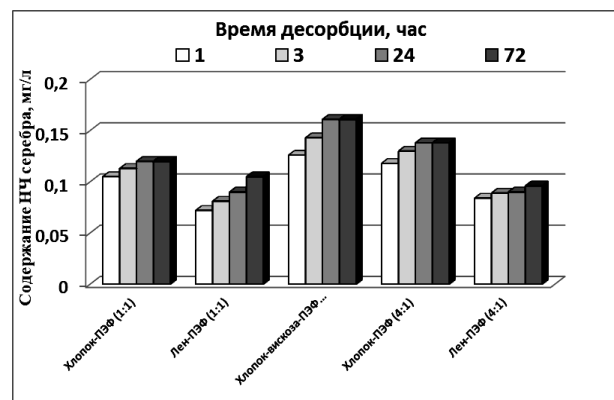


Рис. 2

Однако при оказании первой помощи весьма важным является наличие у перевязочных средств местнообезболивающего действия, позволяющего облегчить состояние пострадавшего и предотвратить болевой шок [12]. В этом аспекте была изучена возможность создания комбинированных биологически активных перевязочных средств с антимикробным и местноанестезирующим действием. Из ряда исследованных анестетических препаратов для иммобилизации на нетканом полотне был выбран лидокаин из-за его высоких функциональных свойств, доступности, низкой стоимости. Кроме того, лидокаин совместим с препаратом Нанотекс и не ухудшает его активность. Иммобилизацию анестетического препарата на нетканом материале осуществляли методом пропитки при температуре 20 °С в течение 10 мин при жидкостном модуле 10 с последующим 100 %-ным отжимом. Сушку образцов проводили на воздухе.

В табл. 1 представлены результаты медико-лабораторных испытаний экспериментальных образцов нетканых полотен на основе льноволокна с иммобилизованными местными анестетиками, проведенных в Институте хирургии им. А.В. Вишневского РАМН.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Характеристика волокнистого сырья	Содержание лидокаина, масс. %	Фактические значения тока (до появления болевого эффекта) в миллиамперах	Среднее значение тока в миллиамперах
1.	Полотно нетканое холсто-прошивное на основе смеси льняного волокна 50 % и волокна вискозного 50 % через 5 минут через 10 минут	5	2,3; 2,4; 2,4 2,5; 2,4; 2,5	2,37 2,47
2.	Полотно нетканое холсто-прошивное на основе смеси льняного волокна 70 % и волокна вискозного 30 % через 5 минут через 10 минут	5	2,7; 2,6; 2,6 2,7; 2,8; 2,9	2,63 2,80
3.	Нетканый материал на основе льняного волокна пов. пл. 60 г/м ² через 5 минут через 10 минут	4	2,7; 2,7; 2,6 2,7; 2,8; 2,7	2,67 2,73
4.	Полотно нетканое на основе льняного волокна	-	2,1; 2,1; 2,1	2,1

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при использовании нетканых полотен на основе льняного волокна с включением лидокаина порог обезболивания через 5 минут после нанесения повязки на рану увеличивается до 2,37 мА (для нетканых полотен, пропитанных раствором лидокаина из расчета 4 %) и до 2,47 мА через 10 минут, а при использовании нетканых холстопрошивных полотен на основе смеси модифицированных льняных волокон с лидокаином (5%) и вискозой – до 2,67 мА через 5 минут и до 2,73 мА через 10 минут.

Таким образом, проведенные поисковые исследования по созданию антимикробных материалов показали принципиальную возможность создания биологически активных перевязочных средств с иммобилизацией антимикробных и местноанестезирующих препаратов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Раны и раневая инфекция. Руководство для врачей / под ред. М.И. Кузина и Б.М. Костюченко. М., 1990.
2. Юданова Т.К. Современные раневые покрытия: получение и свойства // Химико-фармацевтический журнал. 2006. Т. 40. №2. С. 24...31.
3. Ватцл Альфред. Нетканые материалы и стиль жизни: сырье // Рынок легкой промышленности. 2005. №43.
4. Биологически активные перевязочные средства в комплексном лечении гнойно-некротических

ран. Методические рекомендации № 2000/156 / под ред. В.Д. Федорова. М., 2000. 39 с.

5. Галашина В.Н., Дымникова Н.С., Данилов А.Р., Морыганов А.П. Модифицированное льноволокно для медицинских изделий // Текстильная промышленность. 2011. № 2. С. 52...56.

6. Щербаков А.Б., Корчак Г.И., Сурмашева Е.В. Препараты серебра: вчера, сегодня, завтра // Фармацевтический журнал. 2006. № 5. С. 45...57.

7. Leaper D. Appropriate use of silver dressings in wounds: International consensus document // Intern. Wound Journal. 2012. 9. (1). S461-S464.

8. Singh M., Singh S., Prasad S., Gambhir I.S. Nanotechnology in medicine and Antibacterial Effect of Silver Nanoparticles // Digest J. of Nanomater and Biostruct. 2008. 3. (3). S115-S122.

9. Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Кузнецов О.Ю., Морыганов А.П. Исследование влияния субстантивности серебросодержащих препаратов к целлюлозному материалу на его биологическую активность // Российский химический журнал. 2017. Т. LXI, № 2. С. 3...12.

10. Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Морыганов А.П. Наночастицы серебра: зависимость антимикробной активности от условий получения // Российский химический журнал. 2019. Т. LXIII, № 2. С. 45...51.

11. Дымникова Н. С., Ерохина Е.В., Морыганов А.П., Кузнецов О.Ю., Королев С.В. Ресурсоберегающие технологии получения текстильных материалов и изделий с пролонгированными антиинфекционными свойствами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. №6. С. 122...127.

12. Адамян А.А. Современная методология местного лечения ран и перспективы её развития // Современные подходы к разработке и клиническому применению эффективных перевязочных средств, шовных материалов и полимерных имплантантов: сб. тез. докладов V-й Междунар. конф. М.: Институт хирургии им. А.В. Вишневского РАМН, 2006. С. 19...20.

REFERENCES

1. Wounds and wound infection. A guide for doctors. Edited by M.I. Kuzin and B.M. Kostyuchenok. M., 1990. 591 p.
2. Yudanova T.K. Modern wound coatings: preparation and properties // Chemico-pharmaceutical journal. 2006. Vol. 40. No. 2. Pp. 24-31.
3. Watzl Alfred. Non-woven materials and life-style: raw materials // Light industry market. 2005. №43.
4. Biologically active dressings in the complex treatment of purulent-necrotic wounds. Methodological recommendations No. 2000/156 / Ed.V.D. Fedorova. M., 2000. 39 p.
5. Galashina V.N., Dymnikova N.S., Danilov A.R., Moryganov A.P. Modified flax fiber for medical devices // Textile industry. No. 2. 2011. Pp. 52-56.
6. Shcherbakov A.B., Korchak G.I., Surmasheva E.V. Silver preparations: yesterday, today, tomorrow // Pharmaceutical Journal. 2006. No. 5. Pp. 45-57.
7. Leaper D. Appropriate use of silver dressings in wounds: International consensus document // Intern. Wound Journal. 2012. 9. (1). S461-S464.
8. Singh M., Singh S., Prasad S., Gambhir I.S. Nanotechnology in medicine and Antibacterial Effect of Silver Nanoparticicles // Digest J. of Nanomater and Biostruct. 2008. 3. (3). S115-S122.
9. Dymnikova N. S., Erokhina E.V., Kuznetsov O.Yu., Moryganov A.P. Investigation of the effect of the substantiality of silver-containing preparations to cellulose material on its biological activity // Russian Chemical Journal. 2017. Vol. LXI, No. 2. Pp. 3-12.
10. Dymnikova N.S., Erokhina E.V., Moryganov A.P. Silver nanoparticles: dependence of antimicrobial activity on the conditions of production // Russian Chemical Journal. 2019. Vol. LXIII, No. 2. Pp. 45-51.
11. Dymnikova N. S., Erokhina E.V., Moryganov A.P., Kuznetsov O.Yu., Korolev S.V. Resource-saving technologies for obtaining textile materials and products with prolonged anti-infective properties // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. 2020. №6(390). Pp.122-127.
12. Adamyan A.A. Modern methodology of local treatment of wounds and prospects of its development // Sb. tez. reports of the V-th International Conference "Modern approaches to the development and clinical application of effective dressings, suture materials and polymer implants". M.: A.V. Vishnevsky Institute of Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences, 2006. Pp. 19-20.

Рекомендована организационным комитетом IV Международного научно-практического симпозиума «Технический текстиль России: нетканые материалы, сырье, реинжиниринг». Поступила 07.03.23.

УДК 66.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_143

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА С БАРЬЕРНЫМ СЛОЕМ

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING OF MULTILAYER POLYMERIC MATERIAL WITH A BARRIER LAYER

Л.А. ТАРАСОВ, В.Ю. МАТВЕЕВА, И.Ф. САЙФУТДИНОВА

L.A. TARASOV, V.Y. MATVEEVA, I.F. SAYFUTDINOVA

(Казанский химический научно-исследовательский институт)

(Kazan Research Chemical Institute)

E-mail: lat1939@yandex.ru, matveeva_v@mail.ru, isayfutdinova@mail.ru

Рассматриваются вопросы создания инновационного изолирующего материала для отечественных средств индивидуальной защиты кожи (СИЗК) нового поколения, не уступающих по защитным свойствам импортным аналогам и способных заменить их на российском рынке. Разработана технология получения нового многослойного материала с барьерным слоем ЛТЛ-3В. Особенность этого материала в сравнении с серийно выпускаемым многослойным материалом ЛТЛ-1-2 заключается в том, что, наряду с наличием чешуйчатого барьерного пигмента в структуре

этого слоистого материала, имеется пленочный слой, который обеспечивает высокий уровень защиты от жидкой фазы токсичных химикатов (ТХ) и повышенную защиту от открытого пламени. Результаты работы: создание инновационного материала для СИЗК с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками (стойкость к воздействию открытого пламени – более 30 с, время защитного действия по жидкой фазе ТХ – более 1440 мин) и технологии его производства.

The issues of creating an innovative insulating material for domestic personal protective equipment for the skin of a new generation, which are not inferior in protective properties to imported analogues and can replace them on the Russian market, are considered. A technology has been developed for obtaining a new multilayer material with a barrier layer LTL-3V. The peculiarity of this material in comparison with the commercially available multilayer material LTL-1-2 is that, along with the presence of a scaly barrier pigment in the structure of this layered material, there is a film layer that provides a high level of protection from the liquid phase of toxic chemicals and increased protection against open flames. Results of the work are the creation of an innovative material for personal protective equipment of the skin with improved technical and operational characteristics (resistance to open flame - more than 30 s, protective action time for the liquid phase of a toxic substance - more than 1440 min) and the creation of a material production technology.

Ключевые слова: барьерный слой, многослойный изолирующий материал, защитные свойства, средство индивидуальной защиты кожи.

Keywords: barrier layer, multilayer insulating material, protect properties, personal skin protection equipment.

Увеличение количества и расширение ассортимента применяемых в различных отраслях промышленности химических веществ, сырья и материалов, в том числе опасных, сопряжено существенным воздействием их на человека и окружающую среду. Усугубляет возникновение техногенных угроз использование в технологических процессах агрессивных химических веществ с высокой токсичностью, новых химических веществ с недостаточно изученным воздействием на организм человека, а также изношенность основных производственных фондов. Наиболее сложные и опасные условия работы создаются в аварийных ситуациях. Так как аварийные ситуации (особенно стадия поиска и ликвидации очага аварии) характеризуются неопределенностью видов и уровней воздействия на человека опасных химических веществ (ОХВ), огня, теплового излучения (часто имеет место одновременное воздей-

ствие этих факторов), защитить человека можно только используя СИЗК, обеспечивающие универсальную защиту максимально достижимого уровня [1]. Поэтому создание отечественных СИЗК нового поколения с высокими защитными свойствами от воздействия вредных и (или) опасных поражающих факторов в условиях химического производства (в том числе от капель ТХ, обладающих высокой проникающей способностью), открытого огня, не уступающих по защитным свойствам импортным аналогам и способных заменить их на российском рынке, является актуальной задачей.

Для изготовления СИЗК изолирующего типа широко используются материалы, полученные нанесением резиновых полимерных покрытий на ткань-основу. Раньше в России и за рубежом изготавливались в основном двух-, трехслойные материалы: покрытия наносились на ткань-основу с

одной или двух сторон. При этом часто применялись полимерные композиции на основе бутилкаучука (БК) или его смеси с синтетическим каучуком этиленпропиленовым тройным (СКЭПТ). Широкое применение БК объясняется его очень низкой газопроницаемостью, что весьма важно для материалов, используемых для СИЗК. В то же время традиционные защитные материалы на основе БК не обеспечивают универсальность защитных свойств (не стойки к воздействию открытого пламени, радиации, сильно набухают при воздействии алифатических углеводородов, минеральных масел). Необходимый комплекс свойств обеспечивают материалы, содержащие различные каучуки, полимерные материалы. По своей сути эти материалы многослойные.

В настоящее время ведущие зарубежные фирмы по производству СИЗК изолирующего типа (Dräger, Германия [2], MSA AUER, США, Германия [3] и др.) для костюмов высшего уровня защиты используют многослойные материалы, содержащие в составе от 4 до 5 слоев. Эти костюмы присутствуют на российском рынке СИЗК, однако их стоимость весьма велика. Проблема импортозамещения современных СИЗК должна решаться путем разработки новых защитных материалов с улучшенными эргономическими и высокими защитными свойствами, отвечающих современным требованиям.

Разработана технология получения нового многослойного материала с барьерным слоем ЛТЛ-3В. Особенность этого материала в сравнении с серийно выпускаемым многослойным материалом ЛТЛ-1-2 заключается в том, что, наряду с наличием

чешуйчатого барьерного пигмента в структуре этого слоистого материала, имеется пленочный слой, который обеспечивает более высокий уровень защиты от жидкой фазы токсичных химикатов и от открытого пламени.

Разработка рецептурных и технологических основ создания нового защитного многослойного материала включала следующие основные направления работ:

а) подбор барьерных слоев (пленкообразующие полимеры, пленочные материалы), клеевых композиций;

б) выбор способа введения барьерного слоя для получения многослойного полимерного материала.

При выборе направления работ по созданию многослойного изолирующего материала, содержащего барьерный слой, в качестве базового выбран разработанный в АО «КазХимНИИ» многослойный защитный изолирующий материал ЛТЛ-1-2, содержащий чешуйчатый барьерный пигмент (БП) [4...6]. Материал ЛТЛ-1-2 получают путем последовательного нанесения резиновых смесей на основе хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ) с полихлорпропиленовым каучуком (ПХП) (рецептура 1) и ХСПЭ с ПХП с чешуйчатым БП (рецептура 2) на лицевую сторону облегченного прорезиненного материала с односторонним или двухсторонним покрытием на основе БК или со СКЭПТ. Хорошие результаты получаются и при использовании в качестве основы материала хлорбутилкаучука (ХБК).

Структура четырехслойного и пятислойного материала ЛТЛ-1-2 представлена на рис. 1.

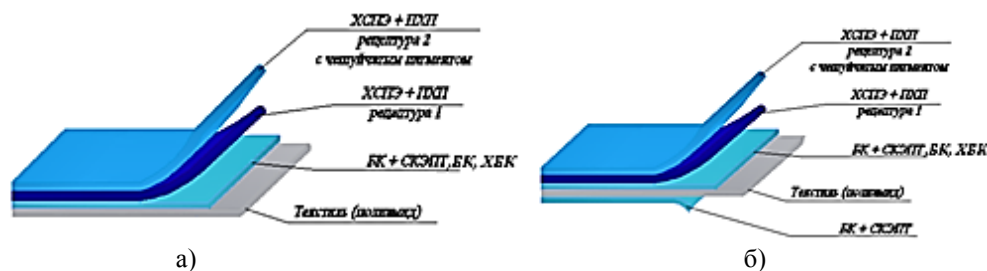


Рис. 1

По степени защиты от промышленных токсикантов, агрессивных веществ, открытого пламени материал ЛТЛ-1-2 не только не уступает зарубежным многослойным материалам костюмов AlphaTec SUPER (Ansell, Швеция), ранее известным как Trellechem Супер (Trelleborg, Швеция), Nimex (материал костюма Workmaster-Pro, Dräger), но и превосходит их по ряду показателей: меньшая поверхностная плотность, большая эластичность, химстойкость к компонентам ракетного топлива, стойкость к тепловым потокам. Однако материал ЛТЛ-1-2 уступает по степени защиты от капель токсичных химикатов материалам D-mex, Vautex Elite, имеющим более высокое время защитного действия (ВЗД).

Вопрос повышения защитных свойств (стойкость к воздействию открытого пламени, ВЗД по каплям ТХ) решался путем модернизации материала ЛТЛ-1-2 за счет введения в него барьерных слоев в виде пленкообразующих полимеров и пленочных материалов.

В качестве пленкообразующих полимеров для получения пленочного слоя оценивались поливинилбутираль (ПВБ) марки ПШ-1 ГОСТ 9439-85, компаунды ПВБ марок ПК-ПП, ПК-ЛО, 10% и 20% растворы ПВБ марки ПШ-1 в изопропиловом спирте и бутадиен-стирольный термоэластопласт (ДСТ) марки Р-30-00 ТУ 38.40327-98. Интерес к ПВБ обусловлен оптимальным сочетанием физических свойств: адгезия к различным поверхностям, отличные оптические и пленкообразующие свойства, хорошие физико-механические свойства (эластичность, ударная прочность и износостойкость), морозо- и светостойкость, устойчивость к воздействию кислорода и озона, способность давать эластичные прочные пленки [7]. ДСТ представляет собой продукт блоксополимеризации стирола и бутадиена в растворе углеводородов в присутствии литийорганического катализатора, сохраняет эластичность при низких температурах, не требуют вулканизации, при обычных температурах обладает свойствами вулканизированных резин.

В качестве клеев оценены следующие составы: акриловая эмульсия Рузин-21, клей полиуретановый, клеи на основе ПХП.

Для ламинирования использованы полиэтилентерефталатная (ПЭТФ), полиамидная (ПА), а также двухслойная полиамид/полиэтиленовая (ПА/ПЭ) пленки. Выбор ПЭТФ и ПА пленок в качестве барьерного слоя объясняется их высокой прочностью на разрыв, низкой степенью водопоглощения, сохранением свойств в широком интервале температур, а также высокими защитными свойствами полимеров по отношению к высокотоксичному веществу, аварийно химически опасным веществам (АХОВ) и растворителям.

Работа по способу введения барьерных слоев велась в следующих направлениях:

1. Нанесение пленочного слоя из растворов пленкообразующих полимеров на изнаночную сторону четырехслойного материала ЛТЛ-1-2.

Образцы с нанесенным пленочным слоем растворов пленкообразующих полимеров ПВБ, ДСТ на изнаночную сторону четырехслойного материала ЛТЛ-1-2 обеспечивали защиту от капель ТХ от 360 до 390 мин. При оценке этих образцов на истирание (ГОСТ Р 12.4.284-2013) установлено, что в результате образуются сдирывы с изнаночной стороны. Структура многослойного материала с пленочным слоем на основе пленкообразующих полимеров ПВБ, ДСТ на изнаночной стороне четырехслойного материала ЛТЛ-1-2 представлена на рис. 2.



Рис. 2

2. Введение пленочного слоя из растворов пленкообразующих полимеров между покровными слоями и материалом-основой.

Получены образцы шестислойного материала (материал ЛТЛ-3В тип 1) путем введения пленочного слоя между покровными слоями (рецептуры 1, 2) и материалом-основой с помощью пленкообразующих

щих полимеров ПВБ, ДСТ. Образцы материалов имели низкую жесткость и высокую стойкость к воздействию открытого пламени – образцы не горели, не тлели после экспозиции 30, 60, 90, 120 с (испытания по ГОСТ ISO 15025-2012).

Введение пленочного слоя, полученного из раствора пленкообразующих полимеров, обеспечило резкое повышение огнезащитных свойств, однако не привело к такому же эффекту в части достижения планируемого уровня защиты (более 10 часов) от капель ТХ, максимальное ВЗД достигало 600 минут в зависимости от материала основы. Структура многослойного материала с пленочным слоем пленкообразующих полимеров между покровным слоем (рецептуры 1, 2 на основе ХСПЭ и ПХП) и материалом-основой (текстильная основа, покрытая с двух сторон БК со СКЭПТ) представлена на рис. 3.



Рис. 3

3. Ламинирование изнаночной стороны четырехслойного материала ЛТЛ-1-2 жесткоцепными пленками с помощью клеев.

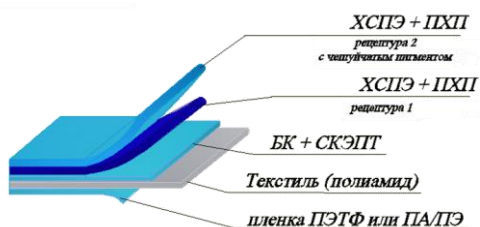


Рис. 4

Образцы многослойного материала, полученные путем ламинирования изнаночной стороны четырехслойного материала ЛТЛ-1-2 пленками ПЭТФ, ПА/ПЭ,

имеют ВЗД от капель ТХ 1440 мин. При этом отметим, что такое технологическое решение реализовано в материале костюмов AlphaTec EVO тип CV [8]. Структура многослойного материала, полученного ламинированием жесткоцепными пленками с изнаночной стороны четырехслойного материала ЛТЛ-1-2, представлена на рис. 4.

4. Введение жесткоцепных пленок с помощью подобранных клеев между покровным слоем и материалом-основой.

Этот вариант введения барьерного слоя оказался наиболее предпочтительным, так как пленка защищена от механического воздействия с одной стороны материалом-основой, а с другой – покровными слоями резиновых композиций. Обработку технологии получения многослойного материала проводили в условиях опытно-промышленного производства АО «КазХимНИИ» на клеепромазочной машине ИВО 3220 Э-01. Клеепромазочная машина оборудована дополнительным пневматическим прижимным валом и размоточным устройством для пленки. Основное внимание уделено процессу ламинирования материала-основы сформированными пленками. Метод «сухого» дублирования более предпочтителен, так как при «мокром» дублировании (одновременное нанесение клея и склеивание пленки с прорезиненным материалом) возможно наличие точечных отслоений пленки при испарении растворителя. При «сухом» способе склеивания пленки и прорезиненного материала этот дефект отсутствует. В качестве барьерных пленок использованы пленки ПА и ПЭТФ толщиной 25 мкм. В дальнейшем планируется использовать только пленку ПА толщиной не более 15 мкм, т.к. она имеет большую стойкость к истиранию по сравнению с ПЭТФ.

На обезжиренную поверхность материала-основы (текстильная основа, покрытая с двух сторон БК со СКЭПТ) наносили один слой рецептуры 1 резиновой смеси в качестве грунта, далее один слой адгезива (клея) на основе ПХП (клей 4НБ-ув ТУ 105236-85 или клей Крис-5 ТУ 2513-139-00209600-2011). Затем на ламинированную пленку наносили рецептуры 1 и 2 резино-

вой смеси (на основе ХСПЭ и ПХП). После выдержки готового материала при комнатной температуре в течение не менее 48 ч проводилась вулканизация в термошкафу или паровом котле. Структура многослойного материала (материал ЛТЛ-3В тип 2) с ПА пленкой между покровным слоем и материалом-основой изображена на рис. 5.

По разработанной технологии выпущены различные партии материала ЛТЛ-3В.

Результаты испытаний образцов материалов ЛТЛ-3В приведены в табл. 1.

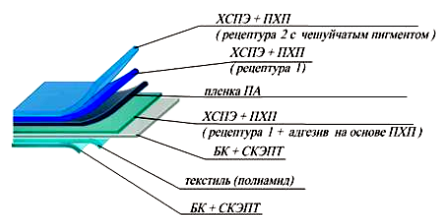


Рис. 5

Таблица 1

Наименование показателя	Требования технического задания	Значение показателя по результатам испытаний для материала	
		ЛТЛ-3В тип 1	ЛТЛ-3В тип 2
Поверхностная плотность, г/м ²	690, не более	564	489
Разрывная нагрузка при растяжении полоски ткани шириной 50 мм, Н (кгс):			
- по основе	500 (51), не менее	559 (57)	931 (95)
- по утку	500 (51), не менее	539 (55)	872 (89)
Сопrotивление раздиру, Н (кгс):			
- по основе	18,0 (1,84), не менее	21,6 (2,2)	24,5 (2,5)
- по утку	14,7 (1,50), не менее	17,6 (1,8)	20,6 (2,1)
Стойкость к истиранию, циклы	1000, не менее	1000	1000
Стойкость к проколу, Н	–	29,4	31,3
Стойкость к воздействию открытого пламени, с	20, не менее	Более 30 Остаточное горение и тление отсутствуют	Более 30 Остаточное горение и тление отсутствуют
ВЗД по газообразным веществам, мин:			
- хлор, концентрация (3010±60) мг/дм ³	480, не менее	более 480	более 480
- аммиак, концентрация (710±30) мг/дм ³	480, не менее	более 480	более 480
- хлористый водород, концентрация (1520 ± 40) мг/дм ³	480, не менее	более 480	более 480
- сернистый ангидрид, концентрация (1450 ± 40) мг/дм ³	480, не менее	более 480	более 480
ВЗД по жидким веществам, мин:			
- раствор едкого натра 40 %	360, не менее	более 480	более 480
- серная кислота 96 %	360, не менее	более 480	более 480
- животные, растительные жиры, масла (СЖР-1), горюче-смазочные материалы (автотранспортное масло)	360, не менее	более 480	более 480
- агрессивные окисляющие соединения (тетраоксид азота), плотность заражения 200 г/м ²	180, не менее	180	180
- токсичные горючие соединения (амины), плотность заражения 200 г/м ²	180, не менее	180	180
ВЗД по каплям ТХ, мин	360, не менее	до 600	1440
ВЗД по каплям ТХ после пятикратного смятия при температуре минус 40 °С, мин	360, не менее	до 600	1440

Из представленных в табл. 1 данных следует, что материал ЛТЛ-3В (в двух модификациях) имеет высокие показатели по защитным свойствам и, в частности, по степени защиты от капель ТХ (значительно выше требований ТЗ). Однако только

материал ЛТЛ-3В тип 2 имеет ВЗД по каплям, как у лучшего зарубежного материала D-mex.

Оценка образцов материалов ЛТЛ-3В на стойкость к проколу проведена дополнительно, так как этот показатель важен

для защитных материалов, используемых для изготовления СИЗК изолирующего типа. Стойкость материала ЛТЛ-3В к проколу соответствует требованиям ГОСТ ISO 16602-2019, согласно которому материалы, предназначенные для изготовления костюмов (типы 1a, 1b, 1c), должны иметь стойкость к проколу не ниже 10 Н.

Следует также отметить, что морозостойкость защитных изолирующих материалов является важной характеристикой, так как ряд полимерных покрытий имеют ограничения при использовании их при отрицательных температурах. Результаты испытаний, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что защитные свойства материала ЛТЛ-3В к воздействию капель ТХ после выдержки в камере тепла и холода и подвергнутой деформации сохраняются. Полученные результаты испытаний позволяют характеризовать материалы ЛТЛ-3В как морозостойкие.

ВЫВОДЫ

Проведена работа по способу введения барьерных слоев в четырех вариантах. Как показали результаты исследования, вариант введения барьерного слоя между покровным слоем и материалом-основой оказался наиболее предпочтительным, так как барьерный слой защищен от механического воздействия с одной стороны материалом-основой, а с другой – покровными слоями резиновых композиций.

На основе проведенных исследований определено, что в качестве барьерного слоя для создания полимерного материала выступают пленки ПА и ПЭФТ. Введение этих пленок повышает показатели по защитным свойствам.

Создан инновационный материал для СИЗК с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками (стойкость к воздействию открытого пламени – более 30 с, время защитного действия по жидкой фазе ТХ – более 1440 мин) и технология получения материала.

В заключение отметим, что работа по использованию других пленкообразующих полимеров для изготовления материала

ЛТЛ-3В продолжается. Многослойные материалы применяются для изготовления газонепроницаемых костюмов тип 1a, 1b, 1c и тип 3 (ГОСТ ISO 16602-2019). Материалы ЛТЛ-1-2 и ЛТЛ-3В также используются для изготовления пневмокостюмов для защиты от биологически активных веществ в газообразном, паровом и аэрозольном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 22.9.05-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей. Общие технические требования. Введ. 20.06.1995. М.: Изд-во стандартов, 1995.
2. Электронный ресурс URL: https://www.draeger.com/ru_ru/Applications/Products/Hazmat-Suits/Gas-Tight-Suits/CPS-7900.
3. Электронный ресурс URL: <https://www.tex.ru/wp-content/uploads/2015/04/Kostyummy-khim-zashhity-KKHZ-MSA.pdf>.
4. Пат. 2521053 Российская Федерация, МПК В 32 В 25/10, А 62 В 17/00. Способ получения многослойного изолирующего материала с широким спектром защитных свойств / Тарасов Л.А. и др.; заявитель и патентообладатель АО «Казанский химический науч.-исслед. ин-т». № 2012128292/05; заявл. 04.07.2012; опублик. 27.06.2014, Бюл. № 18. 8 с.: ил.
5. Тарасов Л.А., Сухова А.А., Штукина Е.А. Новый многофункциональный композиционный изолирующий материал на основе эластомеров // Химическая и биологическая безопасность. 2012. № 1-2. С. 76...79.
6. Тарасов Л.А., Сухова А.А., Штукина Е.А. Разработка инновационных материалов для газонепроницаемых костюмов // Химия в интересах устойчивого развития. 2018. № 1. С. 77...82.
7. Рогова Н.С., Солдатов И.В., Мухаметзянов А.С. Изучение реологических характеристик поливинилбутирала марки ПШ-1 // Вестник Казанского технологического университета. 2011. №17. С. 84...87.
8. Электронный ресурс URL: <https://protective.ansell.com/en/Products/Trellchem/Gastight-Suits/AlphaTec-EVO/>.

REFERENCES

1. GOST R 22.9.05-95 Safety in emergency situations. Complexes of personal protective equipment for rescuers. General technical requirements - Introduced on 06.20.1995. - M: Publishing house of standards. - 1995.
2. Electronic resource URL: https://www.draeger.com/ru_ru/Applications/Products/Hazmat-Suits/Gas-Tight-Suits/CPS-7900.

3. Electronic resource URL: <https://www.tex-x.ru/wp-content/uploads/2015/04/Kostyummy-khim.-zashhity-KKHZ-MSA.pdf>.

4. Patent 2521053 Russian Federation, MPK B 32 B 25/10, A 62 B 17/00. Method for obtaining a multi-layer insulating material with a wide range of protective properties / Tarasov L.A. and etc.; «Kazan Research Chemical Institute». № 2012128292/05; dec. 07.04.2012; publ. 06.27.2014. Bull. № 18. 8 p.

5. Tarasov L.A., Syhova A.A., Shtukina E.A. New multifunctional composite insulating material based on elastomers // Chemical and biological safety. 2012. 1-2. P. 76 ...79.

6. Tarasov L.A., Syhova A.A., Shtukina E.A. Development of innovative materials for gas-tight suits //

Chemistry for Sustainable Development. 2018. 1. P. 77...82.

7. Rogova N.S., Soldatov I.V., Muhametzanov A.S. Study of the rheological characteristics of PSh-1 polyvinyl butyral // Vestnik of Kazan Technological University. 2011. 17. P. 84...87.

8. Электронный ресурс URL: <https://protective.ansell.com/en/Products/Trellchem/Gastight-Suits/AlphaTec-EVO/>.

Рекомендована ученым советом АО «Казанский химический научно-исследовательский институт». Поступила 14.03.23.

УДК 677.077.65

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_150

ФОРМИРОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ МЕТОДОМ ПЕЧАТИ*

FORMATION OF ANTIBACTERIAL COATINGS ON TEXTILE MATERIALS BY THE PRINTING METHOD

К.А. ЕРЗУНОВ, А.А. ЛИПИНА, О.И. ОДИНЦОВА, М.Д. ИЛЬИЧЕВА, В.Ю. ПЕТРУШИНА

K.A. ERZUNOV, A.A. LIPINA, O.I. ODINTSOVA, M.D. ILYICHEVA, V.YU. PETRUSHINA

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

(Ivanovo State University of Chemistry and Technology)

E-mail: erzunovk@mail.ru

Настоящая работа посвящена исследованию возможности нанесения наночастиц оксида графена, серебра и оксида цинка на текстильный материал методом печати для придания текстильному материалу антибактериальных свойств. Покрытия формировали на хлопчатобумажной и хлопкополиэфирной тканях. В качестве загустителя использовали 2% и 4% метилцеллюлозу. Установлено, что нанесенные таким образом покрытия являются достаточно равномерными, без наличия непропечатанных участков. Анализ устойчивости окрасок к мокрым обработкам выявил, что наибольшая степень фиксации частиц наблюдается у образцов, напечатанных составами на основе оксида цинка и оксида графена. С применением метода дисков подтверждено проявление антимикробных свойств модифицированных тканей по отношению к грамположительным и грамотрицательным группам бактерий. Показано, что для образцов с покрытием, сформированным препаратами на основе наночастиц оксида цинка и оксида графена, наблюдается бактериостатический эффект, на основе наночастиц серебра, имеющих большую мигрирующую способность, – бактерицидный эффект.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер проекта FZZW-2023-0008).

This work is devoted to the study of the possibility of applying nanoparticles of graphene oxide, silver, and zinc oxide to a textile material by printing to impart antibacterial properties to the textile material. Coatings were formed on cotton and cotton-polyester fabrics. As a thickener, 2% and 4% methylcellulose was used. It has been found that the coatings applied in this way are sufficiently uniform without the presence of unprinted areas. An analysis of the color fastness to wet treatments revealed that the highest degree of drug fixation is observed for samples with nanoparticles of zinc oxide and graphene oxide. Using the disk method, the manifestation of antimicrobial properties of motivated tissues in relation to gram-positive and gram-negative groups of bacteria was confirmed. It is shown that a bacteriostatic effect for samples coated with preparations based on zinc oxide and graphene oxide nanoparticles is observed, and a bactericidal effect is observed for silver nanoparticles with a high migrating ability is observed.

Ключевые слова: антибактериальная отделка, наночастицы оксида графена, наночастицы серебра, наночастицы оксида цинка, метод печати, печатные загустители.

Keywords: antibacterial finish, graphene oxide nanoparticles, silver nanoparticles, zinc oxide nanoparticles, printing method, printing thickeners.

Введение

В настоящее время одной из наиболее актуальных и перспективных заключительных отделок является придание текстильным материалам антибактериальных свойств. В течение последних 20 лет патогенные бактерии выработали устойчивость почти ко всем коммерчески доступным антибиотикам [1]. Возникает необходимость поиска новых антибактериальных средств. В связи с этим разработаны современные противомикробные агенты с использованием наноразмерных материалов [2], [3]. Такие материалы по сравнению с антибиотиками менее склонны к формированию резистентности благодаря их многоцелевому механизму действия, высокому соотношению площади поверхности к объему и уникальным химическим и физическим свойствам [4].

Наночастицы серебра (НЧ-Ag) и препараты на их основе обладают наиболее сильным ингибирующим действием по отношению к патогенным бактериям, микроорганизмам и вирусам. Основным механизмом угнетения жизнедеятельности микроорганизмов наночастицами серебра выступает разрушение клеточной стенки бактерий за счет увеличения её проницаемости. Однако полностью механизм бак-

терицидного действия НЧ-Ag до сих пор не изучен, потому что большинство имеющихся данных получено в водных растворах или культуральных средах клеток, которые не отражают сложную среду внутри живых организмов [5]. Серебро используется в медицине в качестве компонента мазей для лечения ожогов, при создании солнцезащитных кремов, материалов стоматологического назначения, для очистки воды [1]. Кроме того, серебро обладает невысокой токсичностью по отношению к клеткам человека и низкой летучестью, что позволяет использовать его в высоких концентрациях [6].

Из оксидов металлов, используемых для обработки тканей, выделяются наноструктуры ZnO (НЧ-ZnO). Они обладают широким спектром свойств, таких, как высокие антибактериальные и УФ-защитные свойства, фотокаталитическая активность, нетоксичность, химическая стабильность [7]. Благодаря этим преимуществам наночастицы ZnO могут применяться для медицины и текстиля, например, для создания самоочищающихся тканей или защитной медицинской одежды [8].

Эффективными наноразмерными модификаторами являются графен и оксид графена (НЧ-GO). Оксид графена обладает

высокими электрическими, механическими и термическими свойствами [9]. Материалы на его основе могут найти применение в медицине, в энергетической отрасли промышленности, в военной сфере и других областях.

На российских отделочных фабриках для бактерицидной отделки текстильных материалов чаще всего используется серия препаратов торговой марки Санитайзед. К их недостаткам относится крайне высокая стоимость, вследствие чего возрастает себестоимость готового изделия. Наибольшую степень защиты поверхности материала от действия нежелательных микроорганизмов обеспечивает препарат Санитайзед Т99-19 на основе четвертичного соединения кремния.

Большинство методов нанесения наночастиц требует сложного дорогостоящего оборудования. В связи с этим представляет большой интерес формирование функциональных покрытий методом текстильной печати. В текстильной промышленности трафаретная печать является наиболее часто применяемым методом отделки текстиля, и на ее долю приходится почти 50% печатной продукции во всем мире [10].

Основными факторами широкого применения данного метода являются высокое качество отпечатков, применимость практически ко всем типам волокон и смешанным тканям, способность выдерживать любые процессы промывки после фиксации, простота, дешевизна и минимальные требования к прямой печати.

Цель исследования заключалась в оценке возможности придания антибактериальных свойств текстильным материалам за счет формирования функциональных наноразмерных покрытий методом печати.

Экспериментальная часть

Покрытия формировали на основе функциональных препаратов. В качестве наномодификаторов выбраны препараты серебра, оксида цинка и оксида графена. Оксид графена с концентрацией 4 г/л предоставлен компанией ООО «Ак-КоЛаб». Наночастицы серебра получены методом химического восстановления серебра из раствора нитрата серебра. Размер

частиц составил 2 нм. Частицы ZnO получали двумя методами с использованием в качестве исходных реагентов для синтеза $ZnCl_2$ и $Zn(CH_3CO_2)_2$. Размер частиц составил от 70 нм до 1 мкм.

Для нанесения наноразмерных модификаторов методом печати исследованы различные печатные загустители: альгинат натрия, хитозан и метилцеллюлоза. Оценивали загущающую способность полиэлектролитов, а также характер их взаимодействия с наноразмерными препаратами. Установлено, что наиболее устойчивая и равномерная система получается при использовании метилцеллюлозы, поэтому для дальнейшего исследования в качестве загустителя выбрали метилцеллюлозу (МЦ). Использовали 2% и 4% составы.

Получены печатные композиции, содержащие наночастицы оксида графена (GO), наночастицы серебра и оксида цинка, который был синтезирован из хлорида цинка (1) и ацетата цинка (2) с последующим прокаливанием при 400°C и измельчением осадка. Составы наносили на хлопкополиэфирную ткань (хлопок – 24%, полиэфир – 76%) и миткаль методом текстильной печати через сетчатый шаблон. Поскольку частицы оксидов цинка и графена не обладают ярко выраженной окраской, дополнительно вносили пигмент в печатную композицию, что позволило визуально оценить вид нанесенного покрытия.

Результаты и обсуждение

Одной из важнейших характеристик функциональных покрытий, сформированных на поверхности текстильных материалов, является их устойчивость к мокрым обработкам. Для оценки степени фиксации покрытия на ткани проведено испытание полученных образцов к стирке №1 (табл. 1).

Покрытия наносятся достаточно равномерно, без наличия непечатанных участков. Для препаратов на основе оксида графена и оксида цинка наблюдаются вкрапления частиц на поверхности ткани. Отпечаток композиции с наночастицами серебра более яркий и четкий, что может быть связано с большей однородностью синтезированных частиц. При увеличении концентрации метилцеллюлозы в составе

загустки с двух до четырех процентов возрастает жесткость напечатанных образцов. Для покрытий, сформированных на основе композиции с большей концентрацией загустителя, устойчивость окраски тканей к

стирке снижается, что свидетельствует о нанесении избыточного количества полимера на поверхность материала, удаляющегося во время испытания.

Таблица 1

Состав печатной композиции	Светлота напечатанного образца L ₁	Светлота образца после стирки №1 L ₂	Изменение светлоты образца после стирки №1, %
МЦ, 4%; НЧ-Ag	80,29	85,6	6,61
МЦ, 2%; НЧ-GO+зелёный пигмент	90,10	89,7	-0,44
МЦ 2%; НЧ-ZnO (1)+розовый пигмент	87,70	88,9	1,36
МЦ, 4%; НЧ-ZnO (1) + розовый пигмент	81,23	87,3	7,47
МЦ, 4%; НЧ-ZnO (2) + розовый пигмент	51,80	55,85	7,82

Показано, что наибольшая степень фиксации препаратов наблюдается для покрытий, содержащих наночастицы оксида графена ($\Delta L = -0,44\%$) и частицы оксида цинка, при загущении композиции 2-процентным раствором МЦ ($\Delta L = 1,36\%$). Это может быть связано с наличием функциональных гидроксигрупп, способных взаимодействовать с активными группами целлюлозы волокна, а также групп самого загущающего по-

лимера. Значительное удаление наночастиц серебра связано с мигрирующей способностью препарата и недостаточной степенью иммобилизации его на ткани.

Полученные печатные композиции были также нанесены на хлопчатобумажную ткань – миткаль (табл. 2 – состав и характеристика печатных композиций на хлопчатобумажной ткани).

Таблица 2

Состав печатной композиции	Светлота напечатанного образца	Светлота образца после стирки №1	Изменение светлоты после стирки №1, %
МЦ, 4%; НЧ-Ag	82,09	85,1	3,62
МЦ, 2%; НЧ-GO+зелёный пигмент	87,87	89,01	1,3
МЦ, 4 %; НЧ-ZnO (1) + розовый пигмент	76,95	85,1	9,57
МЦ, 4 %; НЧ-ZnO (2) + розовый пигмент	69,19	80,17	15,87

Поскольку синтетические волокна являются достаточно упорядоченными, покрытия на хлопкополиэфирный материал наносились гораздо равномернее и более прочно удерживались на хлопкополиэфирной ткани, чем на хлопчатобумажном материале. Большая степень фиксации покрытия на ткани дополнительно подтверждается значениями цветовых характеристик образцов.

Антибактериальную активность для напечатанных покрытий, содержащих наночастицы оксида графена, оксида цинка и наночастицы серебра, исследовали методом дисков. Оценку проводили по отношению к грамположительным и грамотрицательным типам бактерий. В качестве тест-культур использовали кишечную палочку (*E. coli*) и сапрофитный стафилококк (*Staphylococcus saprophyticus*). Результат оценивали по пятибалльной шкале, где 1 –

образец полностью зарастает бактериями; 2 – присутствуют образования бактерий под образцом; 3 – образец не зарастает микробами (бактериостатический эффект); 4 – зона задержки роста бактерий вокруг образца 0,5-2 мм; 5 – зона задержки роста бактерий вокруг образца более 2 мм. Сравнительная характеристика антимикробной активности образцов представлена

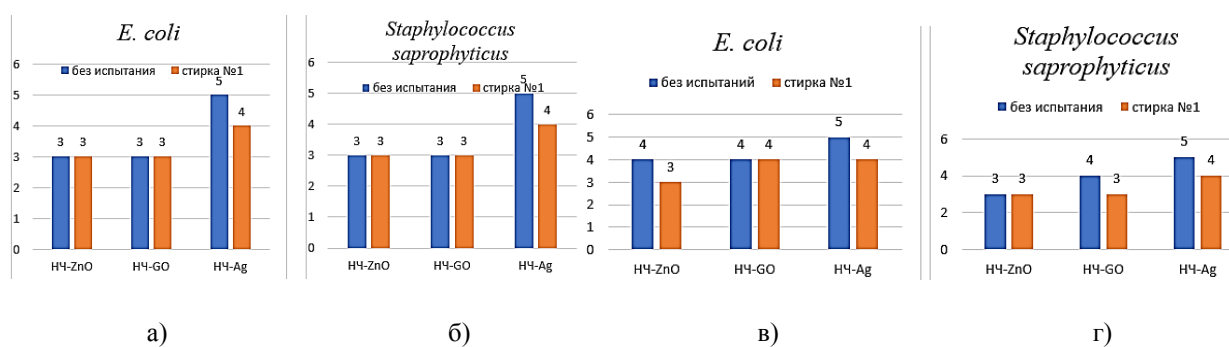


Рис. 1

Показано, что ткань с нанесенной печатной композицией на основе наночастиц оксида графена и оксида цинка проявляет бактериостатический эффект по отношению к грамположительным и грамотрицательным группам микроорганизмов, то есть не наблюдается роста бактерий под образцами. При испытании образцов с покрытиями на основе наночастиц оксида графена и оксида цинка к действию кишечной палочки появляется небольшая зона задержки роста микроорганизмов (0,5-1 мм), величина которой практически не изменяется после испытания образцов к стирке №1.

Для покрытий, содержащих наночастицы серебра, зона задержки роста бактерий вокруг образцов составила 3-5 мм. Большая антибактериальная активность проявляется у серебросодержащих образцов по отношению к грамотрицательным бактериям. Достигнутый бактерицидный эффект является устойчивым к стирке, однако при этом зона задержки роста бактерий вокруг образцов значительно уменьшается.

Образцы хлопкополиэфирного текстильного материала оказались менее подвержены влиянию микроорганизмов, что, вероятно, связано с большей инертностью

в виде диаграмм (рис. 1 – антибактериальная активность образцов, модифицированных наночастицами ZnO, GO и наночастицами Ag: I – покрытия на хлопчатобумажной ткани: а) кишечная палочка, б) сапрофитный стафилококк; II – покрытия на хлопкополиэфирной ткани: в) кишечная палочка, г) сапрофитный стафилококк).

волокна по сравнению с хлопчатобумажной тканью. Изменение концентрации метилцеллюлозы в композиции не оказывает влияния на антимикробную активность материала.

ВЫВОДЫ

Разработана технология иммобилизации наночастиц оксида графена, серебра и оксида цинка на текстильных материалах методом печати. Установлены вид загустителя и характер сформированных покрытий на хлопчатобумажных и хлопкополиэфирных тканях, а также проведен анализ степени иммобилизации частиц в зависимости от концентрации загустителя и волокнистого состава ткани. Доказан бактериостатический эффект для тканей, модифицированных оксидом цинка и оксидом графена, а бактерицидный – для частиц серебра. Средняя величина зоны задержки роста бактерий составила 4 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rai M., Yadav A., Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials *Biotechnol // Adv.* 2009. N 27. P. 76...83.

2. Киселев А.М., Румянцев Е.В., Одинцова О.И. и др. Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 121...133.

3. Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф. Методы наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра текстильных материалов для специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 201...205.

4. Geoprincy G., Saravanan P., Gandhi N.N. et al. A novel approach for studying the combined antimicrobial effects of silver nanoparticles and antibiotics through agar over layer method and disk diffusion method // Dig. J. Nanomater. Biostruct. 2011. N 6. P. 1557...65.

5. Jia, Q. M. Shan S.Y., Jiang L.H. et al. Synergistic antimicrobial effects of polyaniline combined with silver nanoparticles // Appl. Polym. Sci. 2012. N 125. P. 3560...6.

6. Marambio-Jones K., Hoek E.M.V.C. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment // J. Nanopart Res. 2010. N 12. P. 1531...51.

7. Ozgur U., Alivov Y. I., Liu C. et al. A comprehensive review of ZnO materials and devices // Journal of Applied Physics. 2005, N 4. V. 98. P 041301...041404.

8. Lee S. Developing UV-protective textiles based on electrospun zinc oxide nanocomposite fibers // Fibers and Polymers. 2009. N 3. V. 10. P. 295...301.

9. Allen M.J. Honeycomb carbon: a review of graphene // Chem. Rev. 2010. N 110. P. 132...45.

10. Abou Elmaaty T., El-Nagareb Kh., Raoufa S. et al. One-step green approach for functional printing and finishing of textiles using silver and gold NPs // RSC Adv. 2018. N 8. P. 25546...25557.

REFERENCES

1. Rai M., Yadav A., Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials Biotechnol // Adv. 2009. N 27. P. 76...83.

2. Kiselev A.M., Rumyantsev E.V., Odintsova O.I. et al. Modern technologies for obtaining textile materials with special properties and areas of their application // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. N2 (398). P. 121...133.

3. Khammatova V.V., Gainutdinov R.F. Methods of nano-modification of textile materials for special clothing with a colloidal solution of silver nanoparticles // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. N 1 (397). P. 201...205.

4. Geoprincy G., Saravanan P., Gandhi N. N. et al. A novel approach for studying the combined antimicrobial effects of silver nanoparticles and antibiotics through agar over layer method and disk diffusion method // Dig. J. Nanomater. Biostruct. 2011. N 6. P. 1557...65.

5. Jia, Q. M. Shan S.Y., Jiang L.H. et al. Synergistic antimicrobial effects of polyaniline combined with silver nanoparticles // Appl. Polym. Sci. 2012. N 125. P. 3560...66.

6. Marambio-Jones K., Hoek E. M. V. C. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment // J. Nanopart Res. 2010. N 12. P. 1531...51.

7. Ozgur U., Alivov Y. I., Liu C. et al. A comprehensive review of ZnO materials and devices // Journal of Applied Physics. 2005. N 4. V. 98. P 041301...041404.

8. Lee S. Developing UV-protective textiles based on electrospun zinc oxide nanocomposite fibers // Fibers and Polymers. 2009. N 3. V. 10. P 295...301.

9. Allen M.J. Honeycomb carbon: a review of graphene // Chem. Rev. 2010. N 110. P. 132...45.

10. Abou Elmaaty T., El-Nagareb Kh., Raoufa S. et al. One-step green approach for functional printing and finishing of textiles using silver and gold NPs // RSC Adv. 2018. N 8. P. 25546...557.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов ИГХТУ. Поступила 04.04.23.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИЯМИ НА ОСНОВЕ
ФТОРПОЛИМЕРНОГО ЛАТЕКСА**

**RESEARCH OF THE PROTECTIVE PROPERTIES OF FIBROUS MATERIALS
TREATED BY COMPOSITIONS BASED ON FLUOROPOLYMER LATEX**

Д.А. КОЗУБ¹, Л.В. РЕДИНА¹, И.В. ЭЛЬМАНОВИЧ², М.Е. ДЕНИСОВ¹

D.A. KOZUB¹, L.V. REDINA¹, I.V. ELMANOVICH², M.E. DENISOV¹

¹Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),

²Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук)

(¹A. N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art),

²A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of Russian Academy of Sciences)

E-mail: ishim-1993@mail.ru

В статье рассмотрены огнезащитные и антиадгезионные свойства волокнистых материалов, обработанных многофункциональной композицией на основе латекса поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилата, придающего тканям гидро-, олеофобные свойства. В состав композиции помимо латекса входят антипирен и биоцид на основе производного гуанидина. В качестве замедлителей горения использовались полифосфат аммония, препарат Нофлан, Flamatic DM-3088 и Aflammit KWB. Рассмотрены две технологии обработки текстильного материала – методом пропитки и в среде сверхкритического CO₂. С учетом совместимости компонентов композиции подобраны их оптимальные концентрации для сообщения высокого уровня защитных свойств. Огнестойкость обработанных тканей оценивалась по методу кислородного индекса (КИ). Образцы ткани, пропитанные композицией, включающей Flamatic DM-3088 и препарат Нофлан, продемонстрировали низкие показатели КИ (<27%) и не считаются эффективными замедлителями горения. Материалы, пропитанные Aflammit KWB и полифосфатом аммония в составе композиции, имеют высокий КИ (>27%) и рекомендуются для использования в качестве защитной одежды лиц, работающих в экстремальных условиях окружающей среды. Полифосфат аммония и Нофлан не растворяются в сверхкритическом диоксиде углерода, а концентрации Aflammit KWB недостаточно для получения высокого уровня огнезащитных свойств. Обработка Flamatic DM-3088, предварительно смешанным с биоцидом и гидро-, олеофобизатором, волокнистого материала по флюидной технологии показала отличные результаты (КИ>27%) и также рекомендуется для создания многофункциональной защитной ткани.

The article researches the fire-retardant and anti-adhesive properties of fibrous materials treated by a multifunctional composition based on poly-2-perfluoropentoxytetrafluoropropyl acrylate latex, which imparts hydro-, oleophobic properties to fabrics. In addition to latex, the composition includes a flame retardant and a biocide based on a guanidine derivative. Ammonium polyphosphate, Noflan, Flamatic DM-3088 and Aflammit KWB were used as flame retardants.

Two technologies for treatment textile material are considered – by impregnation and in a supercritical CO₂ environment. Taking into account the compatibility of the components of the composition, their optimal concentrations were selected to provide a high level of protective properties. The fire resistance of the treated fabrics was evaluated using the limiting oxygen index (LOI) method. Fabric samples impregnated with a composition included Flamatic DM-3088 and Noflan preparation showed low LOI values (<27%) and are not considered effective flame retardants. Materials impregnated with Aflammit KWB and ammonium polyphosphate in the composition have a high LOI (>27%) and are recommended for use as protective clothing for people working in extreme environmental conditions. Ammonium polyphosphate and Noflan do not dissolve in supercritical carbon dioxide, and the concentration of Aflammit KWB is not sufficient to obtain a high level of flame retardant properties. The treatment of Flamatic DM-3088, mixed with a biocide and a hydro-, oleophobicizer, of fibrous material using fluid technology showed excellent results (LOI> 27%) and is also recommended for creating a multi-functional protective fabric.

Ключевые слова: кислородный индекс, обработка, волокнистый материал, пропитка, среда сверхкритического диоксида углерода, антипирен, биоцид, огнезащитные свойства, совместимость компонентов композиции.

Keywords: limiting oxygen index, treatment, fibrous material, impregnation, environment of supercritical carbon dioxide, flame retardant, biocide, fire retardant properties, compatibility of composition components.

Введение

Одним из приоритетных направлений развития текстильной промышленности является получение многофункционального покрытия на волокнистых материалах [1]. Добиваются этого с помощью последовательной обработки ткани соответствующим модифицирующим составом, что повышает стоимость производства и увеличивает его продолжительность [2, 3]. Для решения этой проблемы необходимо разработать одностадийный процесс модификации поверхности ткани с сохранением требуемого уровня свойств. Одним из возможных способов реализации этого процесса является обработка материала композицией, включающей одновременно гидро-, олеофобизатор и антипирен, что было рассмотрено в нашей предыдущей работе [4]. В данном исследовании изучены водо-, маслоотталкивающие и огнезащитные свойства ткани, модифицированной тройной композицией.

Добавление антимикробного препарата к композиции заставляет вернуться к выбору подходящего по составу и эффектив-

ности замедлителя горения. С одной стороны, у обработанной им ткани должны быть высокие огнезащитные свойства. С другой, в композиции для обработки материала по методу пропитки он должен совмещаться с гидро-, олеофобизатором, представляющим собой фторполимерный латекс, и с антимикробным препаратом. Поскольку большинство антипиренов являются солями, вызывающими, как известно, коагуляцию латексов, необходимо найти ту концентрацию замедлителя горения, при которой он будет эффективен в составе композиции. Целью данного исследования является выбор замедлителя горения, способного сообщать ткани в составе многокомпонентной композиции высокий уровень огнезащитных свойств и не снижать антиадгезионные.

Методы исследования

В качестве гидро-, олеофобизатора поверхности использовался фторполимерный латекс ЛФМ-НФ, основой которого является поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилат (полиПФП):



Рис. 1

Результаты и обсуждения

На начальном этапе работы определяли эффективность обработки ткани только антипиренами, без добавки антиадгезионного и антимикробного препаратов. Как видно из табл. 1, пропитка ПФА и Нофланом более чем в два раза повышает огнезащитные свойства ткани, а пропитка Flamatic DM-3088 и Aflammit KWB недостаточно повышает КИ для эффективной защиты.

Таблица 1

Модификатор	Концентрация, %	КИ, %
Исходная	-	18
ПФА	9,27	37
Нофлан	9,27	37
Flamatic DM-3088	9	23,6
Aflammit KWB	9	23

При пропитке ткани тройной композицией, включающей Нофлан или ПФА в качестве антипирена, наблюдается сильное снижение КИ из-за взаимодействия с другими компонентами композиции (табл. 2). У состава с Нофланом уменьшение огнестойкости вызвано помимо этого еще и низкой концентрацией вследствие ограничения совместимости. Для композиции с ПФА уровень КИ ткани достаточный для эффективной огнезащиты, следовательно, состав, включающий ПФА, латекс ЛФМ-НФ и препарат ПГМГ-ГХ, может рекомендоваться для сообщения материалу комплекса защитных свойств. Добавление латекса ЛФМ-НФ и ПГМГ-ГХ к антипирену Flamatic DM-3088 практически не измени-

ло КИ модифицированной ткани (повышение с 23,6 % до 24,2 %). Однако для композиции с Aflammit KWB наблюдается повышение КИ до минимально необходимого уровня, а значит, в отдельных случаях, когда это технологически выгодно по сравнению с другими способами, такой состав может использоваться для создания многофункционального защитного покрытия на текстильном материале. Кроме того, на всех тканях сформировался высокий уровень водо-, маслоотталкивающих свойств: $Vo = 4-5$ баллов, $Mu = 100-110$ усл. ед., краевой угол смачивания водой (КУС) = $127-133^\circ$. Значения антиадгезионных свойств ткани, обработанной тройной композицией, практически соответствуют результатам, полученным при модифицировании одним только латексом, что подтверждает сохранение хорошего гидро-, олеофобного покрытия [4].

Таблица 2

Антипирен в составе тройной композиции	Концентрация, %	КИ, %	Vo, балл	Mu, усл. ед.	КУС, °
Aflammit KWB	9	27	5	110	133
Flamatic DM-3088	9	24,2	5	110	127
Нофлан	5	25	4	110	129
ПФА	9,27	30	5	100..110	128

Помимо пропитки существует другой способ отделки волокнистого материала, который заключается в использовании сверхкритического диоксида углерода ($СК\text{CO}_2$) в качестве среды для нанесения. Преимущества данного метода в том, что CO_2 не горючий, не токсичный, относительно инертен в химических процессах, переходит в сверхкритическое состояние при довольно низких параметрах процесса (давление 72,835 атм, температура $31,1^\circ\text{C}$) [11]. В этом случае отсутствует необходимость в совместимости компонентов композиции, но требуется возможность их растворения в среде $СК\text{CO}_2$. Огнезащитные добавки в силу своей химической природы не рас-

творяются в СК CO₂, однако нами было обнаружено, что в оптическом реакторе высокого давления происходит их набухание. При условии перемешивания среды это может привести к равномерному распределению огнезащитной добавки в реакторе высокого давления. Наибольшая степень набухания была обнаружена для Flamatic DM-3088.

С помощью участка фазовой диаграммы, предварительно построенного методом измерения точек помутнения в системе полимер/СК CO₂ (рис. 2), определены параметры температуры и давления в реакторе, при которых фторполимерная композиция под действием СК CO₂ начнет растворяться [12]. При таких условиях на ткани формируется однородное и бездефектное защитное покрытие.

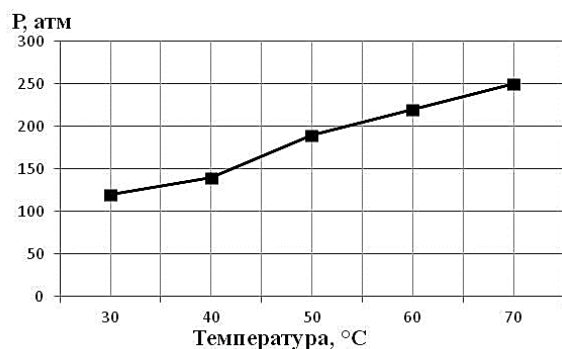


Рис. 2

При обработке по флюидной технологии для Flamatic DM-3088 наблюдается следующая зависимость: при увеличении его концентрации до 15 % КИ тоже повышается, а при увеличении до 30% начинает снижаться (табл. 3).

Таблица 3

Модификатор	Концентрация, %	КИ, %
Исходная	-	18
Flamatic DM-3088	7,5	23
Flamatic DM-3088	15	28
Flamatic DM-3088	30	24,5
Aflammit KWB	4	23,9
Aflammit KWB	15	23

Модификация ткани Aflammit KWB при повышении его концентрации демонстрирует снижение КИ материала. Помимо этого ухудшается растворимость Aflammit

KWB в среде СК CO₂, и при концентрации 15 % он практически не осаждается на поверхности ткани. Следовательно, обработка им волокнистого материала по флюидной технологии является неэффективной.

Проблема, возникшая при обработке ткани тройной композицией по флюидной технологии, заключалась в том, что ПГМГ-ГХ не растворялся в среде СК CO₂. Для решения этой проблемы были выбраны два пути. Первый заключался в добавлении ПГМГ-ГХ в состав Flamatic DM-3088 и дальнейшем нанесении вместе с полиПФП на ткань. Второй способ предполагал две стадии: на первой ткань пропитали ПГМГ-ГХ, на второй обработали Flamatic DM-3088 и полиПФП в среде СК CO₂. В обоих случаях на ткани сформировался достаточный уровень защитных свойств, однако первый путь в силу технологического преимущества более предпочтителен (табл. 4).

Таблица 4

Состав композиции	Количество стадий обработки	КИ, %	Во, балл	Му, усл. ед.	КУС, °
полиПФП (2 %), ПГМГ-ГХ (2,5 %), Flamatic DM-3088 (15 %)	Одна	29	5	110	126
	Две	28	5	120	120

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования определены оптимальные соотношения компонентов композиции для придания волокнистому материалу специальных свойств как методом пропитки, так и по флюидной технологии. Ткань, модифицированная разработанными нами составами, демонстрирует высокие показатели водо-, маслоотталкивания и огнезащитных свойств. Благодаря наличию в составе композиции ПГМГ-ГХ ткани могут сообщаться также и антимикробные свойства.

Материал с защитными свойствами может быть востребован в сфере производства одежды для сотрудников спецслужб, а также в качестве обивочного материала и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макарова Н.А., Козлов А.С. Анализ технологий получения материалов со специальными свойствами // Товары народного потребления: сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. форума «Первые международные Косыгинские чтения». М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. Т. 1. С. 294...298.

2. Vasiljević J., Tomšič B., Jerman I., Orel B. Novel multifunctional water- and oil-repellent, antibacterial, and flame-retardant cellulose fibres created by the sol-gel process // Cellulose. 2014. № 21. P. 2611...2623. DOI: 10.1007/s10570-014-0293-4.

3. Toma D., Chirila L., Popescu A., Chirila C., Iordache O. Multifunctional finishing treatments applied on textiles for protection of emergency personnel // Industria Textila. 2018, Vol. 69. № 5. P. 357...362. DOI: 10.35530/IT.069.05.1585.

4. Redina L.V., Kozub D.A. New composites from aqueous dispersions of polyfluoroalkylacrylates to give fibrous materials oil-, water-, and flame-protection properties // Fibre chemistry. 2019. Vol. 51. №3. P. 182...185. DOI: 10.1007/s10692-019-10070-z.

5. Besshaposhnikova V.I., Mikryukova O.N., Gal'braikh L.S. Influence of Aflammit KWB on the process of pyrolysis and the properties of cellulose fabrics // Fibre Chemistry. 2017. Vol. 49. № 4. P. 246...250. DOI: 10.1007/s10692-018-9877-3.

6. Kazaryan P.S., Tyutyunov A.A., Stakhanov A.I., Zefirov V.V., Gallyamov M.O., Kondratenko M.S., Khokhlov A.R. Hydrophobic properties of poly(vinyl pivalate-co-1h,1h-perfluoro-4-methyl-3,6-dioxaoctyl methacrylate) fabricated in supercritical carbon dioxide // Doklady Physical Chemistry. 2020. Vol. 490. № 1. P. 4...7. DOI: 10.1134/S0012501620010029.

7. Grajeck, E.J., Petersen W.H. Oil and water repellent fluorochemical finishes for cotton // Textile Research Journal. 1962. Vol. 32. № 4. P. 320...331. DOI: 10.1177/004051756203200408.

8. Еремкин Н.В., Козуб Д.А., Редина Л.В. Математическое моделирование процесса модифицирования волокнистых материалов композициями фторполимерный латекс – антипирен // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности: сб. мат. междунар. науч. студенческой конф. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. Т. 1. С. 246...249.

9. Chapurina M.A., Redina L.V., Yudanov T.N., Khomyakov K.P. Fabrication of antimicrobial viscose materials with antiadhesive properties // Fibre Chemistry. 2004. Vol. 36. № 1. P. 30...32. DOI: 10.1023/B:FICH.0000025535.20049.b7.

10. Крыжановский В.К., Кербер М.Л., Бурилов В.В., Паниматченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов. СПб.: Профессия, 2004. 464 с.

11. Никитин Л.Н., Галлямов М.О., Саид-Галиев Э.Е., Хохлов А.Р., Бузник В.Н. Сверхкритический диоксид углерода как активная среда для химических процессов с участием фторполимеров // Российский химический журнал. 2008. Т. 52, № 3. С. 56...65.

12. Козуб Д.А., Редина Л.В., Казарян П.С., Любимцев Н.А. Использование сверхкритического диоксида углерода в качестве растворителя поли-2-перфторпектокситетрафторпропилакрилата для придания волокнистым материалам антиадгезионных свойств // Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование: сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина». М.: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. Т. 1. С. 28...32.

REFERENCES

1. Makarova N.A., Kozlov A.S. Analysis of technologies for obtaining materials with special properties: Proceedings of scientific papers "Consumer Goods" of the international scientific and technical forum "First International Kosygin Readings". M.: A.N. Kosygin RSU, 2017. Vol. 1. P. 294...298.

2. Vasiljević J., Tomšič B., Jerman I., Orel B. Novel multifunctional water- and oil-repellent, antibacterial, and flame-retardant cellulose fibres created by the sol-gel process // Cellulose. 2014. № 21. P. 2611...2623. DOI: 10.1007/s10570-014-0293-4.

3. Toma D., Chirila L., Popescu A., Chirila C., Iordache O. Multifunctional finishing treatments applied on textiles for protection of emergency personnel // Industria Textila. 2018. Vol. 69. № 5. P. 357...362. DOI: 10.35530/IT.069.05.1585.

4. Redina L.V., Kozub D.A. New composites from aqueous dispersions of polyfluoroalkylacrylates to give fibrous materials oil-, water-, and flame-protection properties // Fibre chemistry. 2019. Vol. 51. №3. P. 182...185. DOI: 10.1007/s10692-019-10070-z.

5. Besshaposhnikova V.I., Mikryukova O.N., Gal'braikh L.S. Influence of Aflammit KWB on the process of pyrolysis and the properties of cellulose fabrics // Fibre Chemistry. 2017. Vol. 49. № 4. P. 246...250. DOI: 10.1007/s10692-018-9877-3.

6. Kazaryan P.S., Tyutyunov A.A., Stakhanov A.I., Zefirov V.V., Gallyamov M.O., Kondratenko M.S., Khokhlov A.R. Hydrophobic properties of poly(vinyl pivalate-co-1h,1h-perfluoro-4-methyl-3,6-dioxaoctyl methacrylate) fabricated in supercritical carbon dioxide // Doklady Physical Chemistry. 2020. Vol. 490. № 1. P. 4...7. DOI: 10.1134/S0012501620010029.

7. Grajeck, E.J., Petersen W.H. Oil and water repellent fluorochemical finishes for cotton // Textile Research Journal. 1962. Vol. 32. № 4. P. 320...331. DOI: 10.1177/004051756203200408.

8. Eremkin N.V., Kozub D.A., Redina L.V. Mathematical modeling of the process of modifying fibrous materials by compositions of fluoropolymer latex - flame retardant: Proceedings of materials of the international scientific student conference "Innovative development of the light and textile industry". M.: A.N.Kosygin RSU, 2018. Vol. 1. P. 246...249.

9. Chapurina M.A., Redina L.V., Yudanov T.N., Khomyakov K. P. Fabrication of antimicrobial viscose materials with antiadhesive properties // Fibre Chemis-

try. 2004. Vol. 36. № 1. P. 30...32. DOI: 10.1023/B:FICH.0000025535.20049.b7.

10. Kryzhanovsky V.K., Kerber M.L., Burlov V.V., Panimatchenko A.D. Manufacture of products from polymeric materials: Tutorial. St. Petersburg: Profession, 2004. 464 p.

11. Nikitin L.N., Gallyamov M.O., Said-Galiev E.E., Khokhlov A.R., Buznik V.N. Supercritical carbon dioxide as an active environment for chemical processes involving fluoropolymers // Russian Chemical Journal. 2008. Vol. 52. №. 3. P. 56 ... 65.

12. Kozub D.A., Redina L.V., Kazaryan P.S., Lyubimtsev N.A. The use of supercritical carbon dioxide as a solvent for poly-2-perfluoropetoxytetrafluoropropyl

acrylate to impart anti-adhesion properties to fibrous materials: Proceedings of scientific papers "Energy-resource-efficient environmentally safe technologies and equipment" of the international scientific and technical symposium "Second international Kosygin readings dedicated to the 100th anniversary A.N. Kosygin Russian State University". M.: A.N. Kosygin RSU, 2019. Vol. 1. P. 28 ... 32.

Рекомендована кафедрой химии и технологии полимерных материалов и нанокompозитов РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 04.04.23.

УДК 541.64+128

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_162

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ
АНТИПИРЕНОВ НА ОСНОВЕ ЭПИХЛОРГИДРИНА
С АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ
ДЛЯ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН**

**TECHNOLOGY FOR OBTAINING AND STUDYING THE PROPERTIES
OF FIRE RETARDERS BASED ON EPICHLORHYDRIN
WITH NITROGEN-CONTAINING COMPOUNDS
FOR POLYACRYLONITRILE FIBERS**

Р.И. ИСМАИЛОВ¹, У.М. ЭШМУХАМЕДОВ², И.Н. ХАЙДАРОВ¹, Р.М. ИСМАИЛОВА³

R.I. ISMAILOV¹, U.M. ESHMUXAMEDOV², I.N. XAYDAROV¹, R.M. ISMAILOVA³

¹Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
Республика Узбекистан,

²Академия МЧС РУз, Республика Узбекистан,

³Национальный институт искусства и дизайна, Республика Узбекистан)

¹Tashkent State Technical University, Republic of Uzbekistan,

²Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan,

³National Institute of Art and Design, Republic of Uzbekistan)

E-mail: i.ravshan1972@mail.ru

Исследован процесс самопроизвольной олигомеризации галоидсодержащего эпихлоргидрина с азотсодержащим соединением и оценены некоторые свойства синтезированных эффективных олигомерных антипиренов. Изучены зависимости потерь массы немодифицированного и модифицированного олигомерным антипиреном полиакрилонитрильного волокна. Изучено влияние различных факторов на изменение ζ -потенциала модифицированного полиакрилонитрильного волокна. Исследованы кинетические зависимости от температуры, сорбционные и десорбционные процессы. Исследована зависимость температуры возгорания эпоксидной композиции от содержания в ней антипиренового олигомера. С помощью газовой хроматографии огнезащитных модифицированных полиакрилонитрильных волокон определено ингибирование процессов пиролиза. Применение олиго-

мерного модификатора даст возможность регулирования процесса разложения и повышения пожарной безопасности полимерных материалов.

The process of spontaneous oligomerization of halogen-containing epichlorohydrin with a nitrogen-containing compound and some properties of the synthesized effective oligomeric flame retardants were researched. The dependences of weight loss of unmodified and modified polyacrylonitrile fiber with oligomeric flame retardant were studied. The influence of various factors on the change in the ζ -potential of a modified polyacrylonitrile fiber has been observed. The kinetic dependences on temperature, sorption and desorption processes have been investigated. The dependence of the ignition temperature of an epoxy composition on the content of a flame retardant oligomer in them has been studied. Using gas chromatography of flame retardant modified polyacrylonitrile fibers, the inhibition of pyrolysis processes was determined. The use of an oligomeric modifier will make it possible to regulate the decomposition process and improve the fire safety of polymeric materials.

Ключевые слова: модификация, полиакрилонитрил, олигомер, полимер, эпихлоргидрин, 2,4,6-триамино-1,3,5-триазин, эпоксидная смола.

Keywords: modification, polyacrylonitrile, oligomer, polymer, epichlorohydrin, 2,4,6-triamino-1,3,5-triazine, epoxy resin.

Введение

Натуральные и химические волокна характеризуются комплексом ценных свойств. Часто свойства натуральных и химических волокон дополняют друг друга, что дает возможность получать из их смесей изделия высокого качества. Однако наряду с многочисленными достоинствами волокна обладают повышенной пожарной опасностью. Целлюлозные (хлопковые, вискозные) текстильные материалы относятся к наиболее легковоспламеняющимся и характеризуются низкими значениями кислородного индекса. Текстильные материалы, в основе которых лежат природные или химические органические полимерные волокна, легковоспламеняемы, быстро распространяют пламя и реально могут являться источниками возгорания [1...5].

В настоящее время для обработки текстильных материалов применяют низкомолекулярные антипирены, которые имеют следующие недостатки: легко смываются при мокрых обработках и химической чистке. В связи с этим исследования по созданию антипиреновых композиций для текстильных материалов на основе полимерных и олигомерных соединений ак-

туальны и имеют большое практическое значение. Практический интерес представляет возможность снижения горючести текстильных материалов с помощью азот- и галоидсодержащих олигомерных антипиренов. Преимуществом олигомерных антипиренов, по сравнению с неорганическими и органическими низкомолекулярными, является легкость их совмещения и немигрируемость [6...12].

Методы исследования

Для устранения вышеизложенных недостатков нами разработаны антипирены на олигомерной основе, т.е. на основе олигомера эпихлоргидрина (ЭХГ) с 2,4,6-триамино-1,3,5-триазином (ТАТА). При обработке поверхности текстильных материалов данными антипиренами наблюдается их переход с группы легкогорючих к группам трудногорючих, что и является объектом дальнейшего исследования [13...15].

Использование эпихлоргидрина в композиции обусловлено высокой реакционной активностью его эпоксигруппы за счет содержания хлора в макромолекуле олигомера, способствующего замедлению процесса горения. 2,4,6-триамино-1,3,5-триазин используется в качестве замедли-

теля горения, а олигомерные производные меламина являются эффективными антипиренами и модификаторами для химических и природных волокон.

Целью настоящей работы является разработка способа огнезащиты полиакрилонитрила с использованием олигомерных антипиренов на базе ЭХГ с ТАТА, позволяющих получить материалы с высокими огнезащитными свойствами и улучшенными эксплуатационными характеристиками. Такие материалы используются в качестве кошмы как средства первичного пожаротушения, а также как огнезащитные бытовые изделия.

Результаты и обсуждения

Для достижения поставленной цели полиакрилонитрильные волокна и материалы на их основе обработаны растворами олигомерного антипирена на базе ЭХГ с ТАТА.

Для определения степени горючести образцов испытания проводились в огневой трубе. При этом степень горючести материала оценивалась потерей по массе. Результаты испытаний представлены в табл. 1 (потеря массы немодифицированного и модифицированного олигомерным антипиреном полиакрилонитрильного материала).

Таблица 1

№	Масса образца, г		Время воздействия источника пламени на образец $\phi_{1(c)}$, с	Время самостоятельного горения образцов после удаления источника пламени $\phi_{2(c)}$, с	Потеря массы Дт	
	до испытания	после испытания			г	%
Немодифицированный ПАН материал						
1	3,1	1,5	15	32	1,6	54,2
2	3,35	1,67	10	31	1,68	50,1
3	3,15	1,51	15	30	1,64	52,3
ПАН материал, модифицированный олигомерным антипиреном ЭХГ с ТАТА						
1	8,71	8,20	60	0	0,51	5,8
2	8,65	8,07	60	0	0,58	6,7
3	8,50	8,00	60	0	0,50	6,1

Факторами, определяющими эффективность физической модификации ПАН-волокна, являются средство химического агента к полимерному субстрату и плотность упаковки структурных элементов в модифицированных ПАН-волокнах. При модификации ПАН-волокон скорость диффузионных процессов резко возрастает, если поверхность ПАН-волокна и ионы, находящиеся в растворе, разнозаряжены. Поэтому при подборе антипиреновой композиции учитывалась ее природа и способность диффузии в растворах. Ис-

следования проводили с использованием антипиренов на основе олигомера ЭХГ с ТАТА.

Нами изучено влияние различных факторов на изменение ξ -потенциала модифицированного полиакрилонитрильного волокна в зависимости от характера и состава раствора антипиреновой композиции в различных средах (табл. 2 – зависимость ξ -потенциала модифицированного антипиреновыми композициями полиакрилонитрильного волокна от состава раствора).

Таблица 2

Вид волокна	Значение электрокинетического потенциала, мВ	
	pH=7	pH=2
Исходный полиакрилонитрил	- 20,1	+42,0
Обработанный водным раствором хлорида сурьмы	-1,9	+21,2
Обработанный раствором олигомера ЭХГ с ТАТА	-4,0	+32,3
Обработанный водным раствором смеси ЭХГ с ТАТА и хлорида сурьмы	+18,2	+34,8

Как видно из данных табл. 2, присутствие в ПАН-волокне хлоридов сурьмы и олигомерного антипирена на основе ЭХГ с ТАТА вызывает изменение значений двойного электрического слоя (ДЭС) на поверхности ПАН-волокна. Изменение величины значения ξ -потенциала способствует адсорбции на поверхности волокна ионов сурьмы, которая увеличивается при повышении концентрации антипиреновой композиции хлорида сурьмы и ЭХГ с ТАТА.

С учетом структурных и поверхностных особенностей модифицированного ПАН-волокна выбрана антипиреновая композиция на основе ЭХГ с ТАТА и треххлористой сурьмы. Установлена роль сурьмы в обеспечении активной сорбции ингредиентов антипиреновой композиции на поверхности волокна, на что указывает изменение электрокинетического потенциала ПАН-волокна.

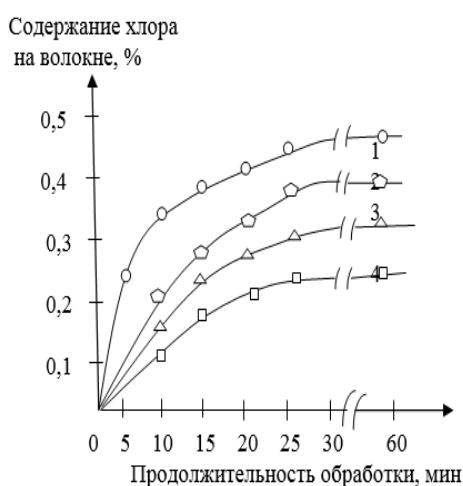


Рис. 1

Экспериментально установили, что характер кинетики сорбции в зависимости от температуры аналогичен сорбции хлора из растворов антипирена на основе олигомера ЭХГ с ТАТА, с повышением температуры десорбционные процессы преобладают над сорбционными (рис. 1 – кинетика сорбции хлора из растворов антипирена 5,0% ЭХГ с ТАТА при температурах: 1 – 25°С; 2 – 30°С; 3 – 35°С; 4 – 40°С).

Сорбированное количество хлора и сурьмы, закрепленное на поверхности модифицированного полиакрилонитрильного волокна, зависит от температурных параметров сорбции, температуры термофиксации, природы антипирена и кратности процесса «стирка-сушка». Экспериментально доказано, что остаточное содержание хлора на ПАН-волокне составляет 0,5%. Остаточное количество сурьмы и хлора дает устойчивый эффект огнезащитности полиакрилонитрильных волокон, физически модифицированных олигомерным антипиреном на основе ЭХГ с ТАТА в сочетании с треххлористой солью сурьмы.

Следовательно, количественное соотношение в композиции ЭХГ и ТАТА с треххлористой солью сурьмы оказывает существенное влияние на остаточное содержание хлора на полиакрилонитрильном волокне и, как следствие, на его кислородный индекс (табл. 3 – зависимость содержания остаточного хлора, разрывной прочности, КИ модифицированного полиакрилонитрильного волокна от состава композиции ЭХГ с ТАТА-хлорид сурьмы (III)).

Таблица 3

Количественное соотношение ЭХГ с ТАТА:SbCl ₃ в растворе, мм	Содержание хлора в волокне, %		Разрывная прочность, сН/текс		КИ после двух промывок
	до промывки	после двух промывок	до промывки	после двух промывок	
Исходный	-	-	23,2	23,0	19,2
2:1	4,2	1,0	19,0	25,3	23,1
1,5:1	3,2	1,2	20,2	24,8	25,8
1:1	2,9	1,4	20,8	24,2	28,2
1:1,5	1,8	0,9	20,1	25,7	30,4
1:2	0,9	0,7	21,0	26,0	27,3

Следует отметить, что модифицированное полиакрилонитрильное волокно

обрабатывали растворами ЭХГ с ТАТА при температуре термофиксации 140°С,

продолжительность термофиксации 20 мин. В модельных условиях в состав антипиреновой композиции вводили треххлористую сурьму. Композицию готовили из растворов олигомерного антипирена концентрации 5,0% и треххлористой сурьмы 5,0%. Выявлено, что количественное соотношение в композиции ЭХГ с ТАТА-SbCl₃ в модельных условиях оказывает существенное влияние на остаточное содержа-

ние хлора на полиакрилонитрильном волокне и, как следствие, на его кислородный индекс.

Ингибирование процессов пиролиза определено с помощью газовой хроматографии огнезащитных модифицированных полиакрилонитрильных волокон (табл. 4 – данные пиролиза модифицированного полиакрилонитрильного волокна методом газовой хроматографии).

Таблица 4

Количество выделяющегося соединения, мг/г	Температура пиролиза, °С	Исходный ПАН	ПАН модифицированный ЭХГ с ТАТА-SbCl ₃ (в соотношении 1:3)
CO	200	1,2	0,9
	300	4,5	10,5
	400	20,2	30,4
CO ₂	200	0,8	0,1
	300	7,8	5,2
	400	12,3	11,0
H ₂ O	250	0	0,2
	300	0,4	7,9
	400	1,8	0,6

Из данных табл. 4 видно, что при термическом разложении модифицированного полиакрилонитрильного волокна по сравнению с исходным ПАН-волокном значительно повышается количество выделившегося CO, что указывает на достаточную эффективность ингибирования окислительных процессов, протекающих в газовой фазе при пиролизе, при этом ос-

новное количество тепла выделяется при окислении CO до CO₂.

Спецификой огнезащитного действия выбранной антипиреновой композиции ЭХГ с ТАТА-SbCl₃ является влияние на процесс термоллиза соединений сурьмы (табл. 5 – влияние концентрации сурьмы на модифицированное олигомерным антипиреном полиакрилонитрильное волокно).

Таблица 5

Соотношение ЭХГ с ТАТА:SbCl ₃ в растворе	Содержание элементов в волокне, %		Коксовый остаток, %	Содержание хлора в коксовом остатке		В конденсированной фазе в % от введенного	КИ, %
	хлор	сурьма		%	мг		
Исходный	-	-	87	0,38	11,8	-	19,2
2:1	0,43	2,4	89	0,43	12,3	75	23,4
1:1	0,87	3,8	68	0,75	16,7	62	27,8
1:2	1,26	5,2	90	1,08	17,2	73	30,2

Следует отметить, что удаление избыточного хлора после стирки способствует восстановлению эластичности волокна. Естественно, что максимальное остаточное содержание хлора на ПАН-волокне соответствует 0,5%. Это свидетельствует о том, что хлор связан с функциональными группами полиакрилонитрильного волокна и обеспечивает сохранение огнезащитности после многократных стирок.

Нами установлено, что количественное соотношение в композиции на основе ЭХГ с ТАТА в сочетании с треххлористой солью сурьмы оказывает влияние на содержание хлора на волокне и, как следствие, на его кислородный индекс. Экспериментальные результаты свидетельствуют, что лучшей способностью к негорючести обладают полиакрилонитрильные волокна, модифицированные олигомерными анти-

пиреновыми композициями на основе ЭХГ с ТАТА в присутствии хлорида сурьмы. Введение в состав антипиреновой композиции ионов сурьмы улучшает диффузионную способность модифицированных полиакрилонитрильных волокон.

ВЫВОДЫ

Результаты по определению горючести образцов показали, что обработка полиакрилонитрильных волокон олигомерными антипиренами на основе ЭХГ с ТАТА улучшает огнезащитные свойства материалов. В результате проведения комплексных исследований установлено, что для изготовления огнестойкого материала целесообразно использовать оптимальное соотношение «полиакрилонитрильное волокно – антипирен». Проведение огнезащитной обработки полиакрилонитрильного материала составами ЭХГ с ТАТА позволяет получить ткани с пониженной пожарной опасностью и с требуемыми параметрами прочности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wen O.Y. et al. Fire-resistant and flame-retardant surface finishing of polymers and textiles: A state-of-the-art review // *Progress in Organic Coatings*. 2023. Т. 175. P.107330.
2. Дудеров Н.Г., Константинова Н.И., Молчадский О.И., Болодьян Г.И. Оценка качества огнезащитной обработки тканей // *Пожарная безопасность*. 2003. №4. С. 103...106.
3. Абдулин И.А., Валиева З.З., Валеев Н.Х. Разработка огнезащитного состава для текстильных материалов // *Вестник Казан. технол. ун-та*. 2010. №10. С. 534...537.
4. Png Z. M. et al. Strategies to reduce the flammability of organic phase change Materials: A review // *Solar Energy*. 2022. Т. 231. P. 115...128.
5. Ozer M.S., Gaan S. Recent developments in phosphorus based flame retardant coatings for textiles: Synthesis, applications and performance // *Progress in Organic Coatings*. Volume 171. October 2022. doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107027
6. Ammayappan L., Nayak L.K., Ray D.P., Das S., Roy A.K. Functional Finishing of Jute Textiles-An Overview in India // *Journal of Natural Fibers*. 2013. №4. P. 390...413.
7. Sharma D. et al. Bio-based polyamide nanocomposites of nanoclay, carbon nanotubes and graphene: a review // *Iranian Polymer Journal*. 2023. P.1-18.

8. Зубкова Н.С. Высокоэффективный отечественный замедлитель горения для придания огнезащитных свойств волокнистым текстильным материалам // *Химические волокна*. 2000. №6. С. 38...40.

9. Qi P. et al. Intumescent flame retardant finishing for polypropylene nonwoven fabric // *Journal of Industrial Textiles*. 2022. №3. P. 5186-5201.

10. Сабирзянова Р.Н., Красина И.В. Современные тенденции в производстве огнестойких текстильных материалов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. №15-17. С. 56...57.

11. Zhao S. et al. Molecular design of reactive flame retardant for preparing biobased flame retardant polyamide 56 // *Polymer Degradation and Stability*. 2023. Т. 207. P.110212.

12. Берлин А.А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // *Соросовский образовательный журнал*. 1996. №9. С. 57...69.

13. Ismailov R.I., Makhmatkulova Z.N., Askarov M.A., Negmatov S.S. Some properties of modified polyacrylonitrile fibres // *Fibres chemistry*. Springer New York, 2011. №6. P. 376...378.

14. Хасанов О.Х., Исмаилов Р.И. Модификация полиакрилонитрильных волокон мономерными солями на основе аминоклакрилатов с галоидсодержащими веществами // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2021. №1(391). С. 66...72. doi.org/10.47367/0021-3497.2021.1.66

15. Усманов М.Х., Исмаилов Р.И., Махматкулова З.Х., Брушлинский Н.Н., Атабаев Ш. Огнезащитные полимерные и олигомерные антипирены для модификации полиакрилонитрильных волокон // *Пожаровзрывобезопасность*. 2011. №6. С. 16...19.

REFERENCES

1. Wen O.Y. et al. Fire-resistant and flame-retardant surface finishing of polymers and textiles: A state-of-the-art review // *Progress in Organic Coatings*. 2023, Т. 175. P. 107330.
2. Duderov N.G., Konstantinova N.I., Molchadsky O.I., Bolodyan G.I. Evaluation of the quality of flame retardant treatment of fabrics // *Pozharnaya Bezopasnost'*. 2003. №4. P. 103-106.
3. Abdulin I.A., Valieva Z.Z., Valeev N.Kh. Development of flame retardant composition for textile materials // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universitetata*. 2010. №10. P. 534-537.
4. Png Z. M. et al. Strategies to reduce the flammability of organic phase change Materials: A review // *Solar Energy*. 2022. Т. 231. P. 115-128.
5. Ozer M.S., Gaan S. Recent developments in phosphorus based flame retardant coatings for textiles: Synthesis, applications and performance // *Progress in Organic Coatings*. Volume 171. October 2022. doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107027
6. Ammayappan L., Nayak L.K., Ray D.P., Das S., Roy A.K. Functional Finishing of Jute Textiles-An

Overview in India // Journal of Natural Fibers. 2013. №4. P. 390-413.

7. Sharma D. et al. Bio-based polyamide nanocomposites of nanoclay, carbon nanotubes and graphene: a review // Iranian Polymer Journal. 2023. P.1-18.

8. Zubkova N.S. Highly effective domestic flame retardant for imparting fire retardant properties to fibrous textile materials // Khimicheskiye volokna. 2000. №6. P. 38-40.

9. Qi P. et al. Intumescent flame retardant finishing for polypropylene nonwoven fabric // Journal of Industrial Textiles. 2022. №3. P. 5186-5201.

10. Sabirzyanova R.N., Krasina I.V. Modern trends in the production of fire-resistant textile materials // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. №15-17. P. 56-57.

11. Zhao S. et al. Molecular design of reactive flame retardant for preparing biobased flame retardant polyamide 56 // Polymer Degradation and Stability. 2023. T. 207. P. 110212.

12. Berlin A.A. Combustion of polymers and low flammability polymer materials // Sorosovskiy obrazovatelnyy jurnal. 1996. №9. P. 57-69.

13. Ismailov R.I., Makhmatkulova Z.N., Askarov M.A., Negmatov S.S. Some properties of modified polyacrylonitrile fibres // Fibres chemistry. Springer New York, 2011. №6. P. 376-378.

14. Khasanov O.Kh., Ismailov R.I. Modification of polyacrylonitrile fibers with monomer salts based on aminoalkyl acrylates with halogen-containing substances // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. №1(391). P. 66-72. doi.org/10.47367/0021-3497.2021.1.66

15. Usmanov M.Kh., Ismailov R.I., Makhmatkulova Z.Kh., Brushlinsky N.N., Atabaev Sh. Fire-retardant polymeric and oligomeric flame retardants for modification of polyacrylonitrile fibers // Fire and Explosion Safety. 2011. №6. P.16-19.

Рекомендована кафедрой общей химии Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова. Поступила 20.04.23.

УДК 531.43

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_168

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ РАСТВОРА НЕИОНОГЕННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТКАНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА*

EFFECT OF THE SURFACE TENSION OF A NONIONIC SURFACTANT SOLUTION ON THE TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF A WOVEN FILLER OF A FIBROUS COMPOSITE

В.Б. КУЗНЕЦОВ¹, О.В. БЛИНОВ², А.В. БАРАНОВ¹, Е.Н. КАЛИНИН¹

V.B. KUZNETSOV¹, O.V. BLINOV², A.V. BARANOV¹, E.N. KALININ¹

¹ Ивановский государственный политехнический университет,
² Ивановский государственный энергетический университет)

¹Ivanovo State Polytechnic University,
²Ivanovo State Power Engineering University)

E-mail: enkalini@gmail.com

В работе исследовано влияние ряда физико-химических показателей неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ), таких, как гидрофильно-липофильный баланс и поверхностное натяжение растворов НПАВ на границе раздела фаз жидкость/газ и жидкость/жидкость, на изменение триботехнических характеристик поверхности хлопчатобумажной ткани как наполнителя в структуре волокнистого композитного материала в процессе ее мокрой обработки.

In this paper, the influence of a number of physicochemical parameters of nonionic surfactants (NSA), such as the hydrophilic-lipophilic balance and surface tension of NSAS solutions at the liquid/gas and liquid/liquid interface, on the change in the tribological characteristics of the surface of cotton fabric as a filler in the structure of a fibrous composite material during its wet processing has been studied.

Ключевые слова: триботехнические свойства, неионогенные поверхностно-активные вещества (НПАВ), физико-химические характеристики НПАВ, поверхностное натяжение на границе раздела фаз жидкость/газ и жидкость/жидкость, критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ), хлопчатобумажная ткань, коэффициент трения.

Keywords: tribotechnical properties, non-ionic surfactants (NSAS), physico-chemical characteristics of NSAS, surface tension at the liquid/g and liquid/l interface, critical micelle concentration (CMC), hydrophilic-lipophilic balance (HLB), cotton fabric, coefficient of friction.

Поверхностно-активные вещества широко используются в технологических процессах различных отраслей промышленности и хозяйственной деятельности. Среди большого количества поверхностно-активных веществ следует выделить неионогенные поверхностно-активные вещества (НПАВ), проявляющие гидрофильные и гидрофобные свойства, обусловленные особенностью молекулярной структуры.

На основе НПАВ готовят присадки, улучшающие эксплуатационные характеристики нефтепродуктов; смазочные составы, используемые в том числе в металлообработке; добавки, увеличивающие прочность цемента, а также НПАВ применяются при создании противогололедных композиций, в пожаротушении, фармацевтике, косметике, бытовой химии и пищевой промышленности [1...8].

Наиболее широкое применение НПАВ нашли при мокрой обработке тканей из природных, синтетических волокон и их смесей в условиях отделочных производств текстильной промышленности [9...13]. Они входят в состав материальных растворов для процессов отварки, беления, мерсеризации, крашения, промывки и заключительной отделки. При этом наряду с чисто технологическим воздействием на текстильный материал НПАВ оказывают и значительное влияние на триботехнические показатели в паре трения

«ткань–транспортирующий ролик» в составе различных типов отделочного оборудования, что подтверждается ранее проведенными работами [11, 12]. Назначение подобных исследований заключается в попытке определить изменение триботехнических параметров тканей и оценить их воздействие на натяжение текстильного материала, что является важным фактором выпуска качественной продукции. Вопросы натяжения текстильного материала уделяется недостаточное внимание, хотя и были сделаны многочисленные попытки математического моделирования данного процесса [13]. Однако рассматривались, как правило, механические аспекты влияния на данную составляющую технологии процесса воздействия на волокнистую структуру текстильного материала. В то же время физико-химическим факторам воздействия различных химических веществ, и в первую очередь НПАВ, в составе материальных растворов на триботехнические параметры поверхности текстильного материала, от которых в небольшой степени зависит натяжение ткани, уделяется исследователями недостаточно внимания.

Неионогенные поверхностно-активные вещества обладают комплексом свойств эмульгирующего и диспергирующего действия, способностью изменять поверхностное натяжение водных растворов,

обеспечивая хорошую смачиваемость гидрофобных поверхностей, а также склонностью к мицеллообразованию, обеспечивающему сольubilизацию, моющее действие и образование микроэмульсий [14...19].

Настоящая работа посвящена изучению влияния поверхностного натяжения водных растворов НПАВ на изменение триботехнических свойств поверхности ткани и продолжает цикл статей [20, 21] по исследованию взаимосвязи физико-химических характеристик поверхностно-активных веществ и коэффициента трения текстиль-

ных материалов при соприкосновении с металлическими транспортирующими роликами в процессах мокрой обработки.

В табл. 1 представлены некоторые характеристики исследованных НПАВ, а именно поверхностное натяжение растворов на границе раздела фаз жидкость/газ (ж/г) и жидкость/жидкость (ж/ж) при критической концентрации мицеллообразования исследованных поверхностно-активных веществ.

Таблица 1

НПАВ	Показатели			
	ККМ, г/л	Поверхностное натяжение ж/г, Дж/м ²	Поверхностное натяжение ж/ж, Дж/м ²	Коэффициент трения, усл. ед.
ОС-20	0,20	40	10	0,180
ОП-10	0,15	31	15	0,138
ОП-7	0,10	29	15	0,120
Стеарокс 6	0,045	-	-	0,130

В табл. 2 приведены формулы исследованных НПАВ и их величина гидро-

фильно-липофильного баланса (ГЛБ), а также значение ККМ.

Таблица 2

НПАВ	Показатели			
	Формула	ГЛБ	Молекулярная масса	ККМ
ОС-20	$C_{18}H_{37}O(C_2H_4O)_{20}H$	17,0	1150	0,200
ОП-10	$C_8H_{17}C_6H_4O(C_2H_4O)_{10}H$	13,5	762	0,150
ОП-7	$C_8H_{17}C_6H_4O(C_2H_4O)_7H$	10,9	542	0,100
Стеарокс 6	$C_{17}H_{35}COO(C_2H_4O)_6H$	6,8	512	0,045

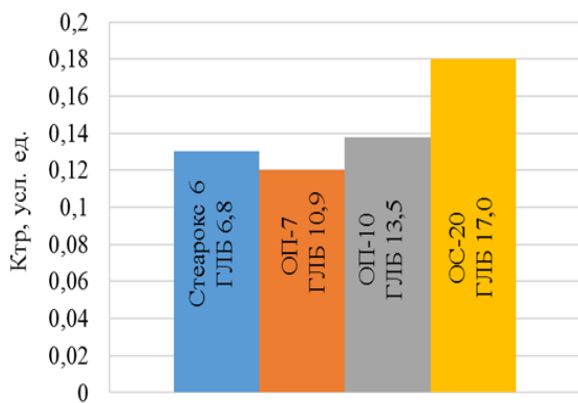


Рис. 1

Согласно правилу Дюкло-Траубе увеличение длины углеводородной цепи поверхностно-активных веществ приводит к росту их поверхностной активности [17, 18]. Соответственно следует ожидать наибольшей активности от ОС-20 и Стеарокс-6 при изменении коэффициента трения поверхности текстильного материала в паре тре-

ния «ткань-металлический ролик». Однако следует учитывать и величину гидрофильно-липофильного баланса, характеризующего сбалансированность гидрофильных и гидрофобных групп в молекуле НПАВ, что подтверждается диаграммами, приведенными на рис. 1.

Представленные данные по изменению коэффициента трения поверхности хлопчатобумажной ткани свидетельствуют, что наибольшее влияние оказывает ОС-20, а наименьшее ОП-7 и Стеарокс 6, молекула которого менее сбалансирована. Так, коэффициент трения поверхности ткани возрастает примерно в 1,4 раза при увеличении значения ГЛБ с 6,8 до 17,0 при переходе от обработки текстильного материала в растворе Стеарокс 6 к обработке в растворе ОС-20.

Важное значение на процесс смачивания гидрофобной поверхности суровых

хлопчатобумажных тканей оказывает поверхностное натяжение водных растворов НПАВ. При этом наблюдается комплекс процессов, таких, как набухание нитей, составляющих текстильный материал, и удаление с их поверхности природных жировосков, что в конечном итоге оказывает влияние на изменение поверхности ткани и, как следствие, ее триботехнических параметров при движении по металлической поверхности транспортирующих роликов.

Поскольку текстильный материал в процессе мокрой обработки не только находится полностью в материальном растворе, но и соприкасается с воздушной средой в процессе транспортировки по оборудованию, исследовано влияние поверхностного натяжения растворов НПАВ на границе раздела фаз жидкость/газ и жидкость/жидкость при критической концентрации мицеллообразования на изменение коэффициента трения поверхности хлопчатобумажной ткани Рогожка.

Полученные результаты представлены на рис. 2.

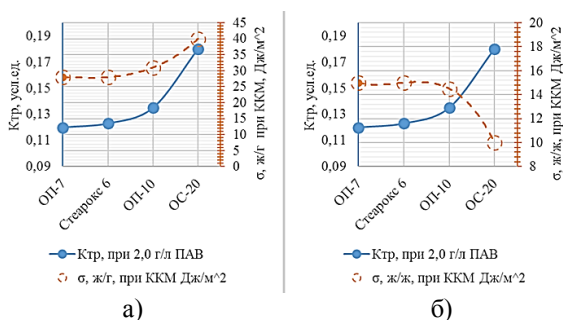


Рис. 2

Оценивая полученные графические зависимости, следует отметить, что увеличение поверхностного натяжения растворов НПАВ на границе раздела фаз жидкость/газ (рис. 2, а) прямо пропорционально изменению коэффициента трения поверхности хлопчатобумажной ткани Рогожка. Так, увеличение поверхностного натяжения примерно в 1,4 раза при переходе от ОП-7 к ОС-20 приводит к повышению коэффициента трения в 1,5 раза. Данные результаты хорошо коррелируют с представленной на рис. 2, б зависимостью коэффициента трения ткани от величины ГЛБ исследованных НПАВ.

Иная картина наблюдается в случае зависимости изменения коэффициента трения ткани от поверхностного натяжения на границе раздела фаз жидкость/жидкость для исследованных растворов НПАВ. Во-первых, поверхностное натяжение растворов в этом случае существенно ниже, чем на границе раздела фаз жидкость/газ. Во-вторых, оно уменьшается с увеличением ГЛБ НПАВ, о чем свидетельствуют данные табл. 1 и 2. И, наконец, изменение коэффициента трения ткани в этом случае практически обратно пропорционально изменению величины поверхностного натяжения растворов НПАВ. Так, снижение поверхностного натяжения с 15 Дж/м² до 10 Дж/м² при переходе от растворов ОП-7 к ОС-20 приводит к возрастанию коэффициента трения текстильного материала с 0,12 до 0,18 усл.ед.

ВЫВОДЫ

Исследовано влияние величины ГЛБ и поверхностного натяжения водных растворов НПАВ на изменение коэффициента трения поверхности ткани Рогожка.

Установлено, что повышение величины ГЛБ НПАВ приводит к увеличению триботехнических характеристик поверхности суровой хлопчатобумажной ткани.

Показано, что увеличение коэффициента трения поверхности текстильного материала прямо пропорционально величине поверхностного натяжения растворов НПАВ на границе раздела фаз жидкость/газ.

Выявлено, что зависимость коэффициента трения от поверхностного натяжения растворов НПАВ на границе раздела фаз жидкость/жидкость имеет обратно пропорциональный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов А.С. Молекулярная физика граничного слоя. М.: Физматгиз, 1963. 472 с.
2. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов: справочник. М.: Машиностроение, 1984. 102 с.
3. Москвичев Ю.А., Фельдблюм В.Ш. Химия в нашей жизни (продукты органического синтеза и их применение): монография. Ярославль: ЯРТУ, 2007. 411 с.

4. Холберг К. Поверхностно-активные вещества и мономеры в водных растворах: [пер. с англ.] / К. Холберг, Б. Йенссон, Б. Кронберг, Б. Минсман / М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 528 с.

5. Шилов М.А. Смазочное действие водных растворов неионогенных ПАВ при трении пары металл – полимер: дис. ... канд. техн. наук. Иваново, 2011.

6. Садов Ф.И., Корчагин М.В., Матецкий А.И. Химическая технология волокнистых материалов. М.: Гизлегпром, 1956. 830 с.

7. Мельников Б.Н., Морыганов П.В. Применение красителей. М.: Легкая индустрия, 1971. 263 с.

8. Отделка хлопчатобумажных тканей: справочник. Ч.1 / под ред. проф. Б.Н. Мельникова. М.: Легпромбытиздат, 1991. 432 с.

9. Кузнецов В.Б. Научные основы совершенствования технологических процессов промывки и художественно-колористического оформления тканей: дис. ... д-ра техн. наук. Иваново: ИГХТУ, 2004.

10. Верников Я.Н., Андросов В.Ф. Обработка текстильных изделий в водных растворах СМС. М.: Легпромбытиздат, 1986.

11. Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б. Исследования трибологических свойств тканей в водных растворах неионогенных поверхностно-активных веществ // СМАРТЕКС. Иваново, 2021. С. 117...120.

12. Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б. Влияние растворов поверхностно-активных веществ на трибологические свойства текстильных материалов в паре трения «ткань – транспортирующий ролик» // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №2. С. 233...237.

13. Фомичев В.Т., Глазунов А.В. Математическое моделирование динамики однороликовой зоны транспортирования ткани с учетом сил трения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2003. №1. С. 119...122.

14. Ребиндер П.А., Линец М.Е., Римская М.М., Таубман А.Б. Физико-химия флотационных процессов. М.: Металлургия, 1937. 230с.

15. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избранные труды. М.: Наука, 1978. 368с.

16. Клейтон В. Эмульсии. Их теория и технические применения. М.: Иностранная литература, 1950. 868 с.

17. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1966. 574 с.

18. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1989. 464 с.

19. Русанов А.И. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ. СПб., 1992. 280 с.

20. Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б. Исследования трибологических свойств тканей в водных растворах неионогенных поверхностно-активных веществ // СМАРТЕКС. Иваново, 2021. С. 117...120.

21. Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Никифорова Е.Н., Нефедов С.А. Результаты молекулярного моделирования триботехнических свойств неионогенных поверхностно-активных веществ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №5. С. 190...194.

REFERENCES

1. Akhmetov A.S. Molecular physics of the boundary layer. M.: Fizmatgiz, 1963. 472 s.

2. Berdichevsky E.G. Lubricating and cooling technological means for metal processing. Directory. M.: Mashinostroenie, 1984. 102 p.

3. Moskvichev Yu.A., Feldblyum V.Sh. Chemistry in our life (products of organic synthesis and their application). Monograph. Yaroslavl: YARTU, 2007. 411 s.

4. Holberg K. Surfactants and monomers in aqueous solutions / K. Holberg, B. Jansson, B. Kronberg, B. Minsman. Translation from English. M.: BINOM. Knowledge Laboratory, 2009. 528 s.

5. Shilov M.A. Lubricating effect of aqueous solutions of nonionic surfactants during friction of a metal-polymer pair. Candidate's diss. of technical sciences Ivanovo, 2011.

6. Sadov F.I., Korchagin M.V., Matetsky A.I. Chemical technology of fibrous materials. M.: Gizlegprom, 1956. 830s.

7. Melnikov B.N., Moryganov P.V. The use of dyes. M.: Light Industry, 1971. 263s.

8. Finishing of cotton fabrics. Directory. Part 1. Ed. prof. Melnikova B.N. M.: Legprombytizdat, 1991. 432 p.

9. Kuznetsov V.B. Scientific basis for improving the technological processes of washing and artistic and color design of fabrics. Diss. doc. tech. sciences. Ivanovo: ISUCT, 2004.

10. Vernikov Ya.N. Processing of textile products in aqueous solutions of SMS / Ya.N. Vernikov, V.F. Androsov. M.: Legprombytizdat, 1986. 144 p.

11. Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B. Studies of the tribological properties of fabrics in aqueous solutions of nonionic surfactants // SMARTEX. Ivanovo, 2021. P. 117-120.

12. Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B. Influence of solutions of surfactants on the tribological properties of textile materials in a pair of friction "fabric - transport roller". // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2. Pp. 233-237.

13. Fomichev V.T., Glazunov A.V. Mathematical modeling of the dynamics of a single-roller zone of tissue transportation, taking into account friction forces // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2003. No. 1. Pp. 119-122.

14. Rebinder P.A., Linets M.E., Rimskaya M.M., Taubman A.B. Physico-chemistry of flotation processes. M.: Metallurgy, 1937. 230s.

15. *Rebinder P.A.* Surface phenomena in disperse systems. colloidal chemistry. Selected works. M.: Nauka, 1978. 368s.

16. *Clayton W.* Emulsions. Their theory and technical applications. M.: Foreign Literature, 1950. 868s.

17. *Voyutsky S.S.* Course of colloid chemistry. Moscow: Chemistry, 1966. 574 p.

18. *Frolov Yu.G.* Course of colloid chemistry. Surface phenomena and dispersed systems. M.: Chemistry, 1989. 464 p.

19. *Rusanov A.I.* Micellization in solutions of surfactants. St. Petersburg, 1992. 280 s.

20. *Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B.* Studies of the tribological properties of fabrics in

aqueous solutions of nonionic surfactants //SMARTEX. Ivanovo, 2021. P. 117-120.

21. *Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B., Nikiforova E.N., Nefedov S.A.* Results of molecular modeling of tribotechnical properties of nonionic surface active agents // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5. Pp. 190-194.

Рекомендована кафедрой мехатроники и радиоэлектроники ИВГПУ. Поступила 07.04.23.

УДК 621.01

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_174

**INVESTIGATION OF THE SAW CYLINDER OF A LINTER MACHINE
WITH DISTRIBUTED PARAMETERS****ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЛЬНОГО ЦИЛИНДРА ЛИНТЕРНОЙ МАШИНЫ
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ***D.M. MUKHAMMADIEV, F.KH. IBRAGIMOV, O.Kh. ABZOIROV**Д.М. МУХАММАДИЕВ, Ф.Х. ИБРАГИМОВ, О.Х. АБЗОИРОВ***(Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urazbaev
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan)****(Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева
Академии наук Республики Узбекистан)**

E-mail: davlat_mm@mail.ru

The article presents the results of research on the machine unit of the saw cylinder of a linter machine with distributed parameters. For this, subsystems were used with concentrated parameters (Lagrange equations of the second kind) and distributed parameters (Laplace's equation in cylindrical coordinates). As a result, the study of the machine unit of the saw cylinder of a linter machine with concentrated parameters according to the characteristic of the asynchronous electric motor proposed by A.E. Levin showed that the critical driving moment of the electric motor is 340.92 N·m, the transient process lasts for 0.8 s, and the maximum value of the angular acceleration of the saw cylinder of the linter machine reaches 675.05 rad/s² at t=0.223 s. An asynchronous electric motor 4A200M8U3 with a power of 18.5 kW and a rotation speed of 735 rpm, and a rated torque of 240 N·m was installed on the rotor shaft. Calculations have established an increase in the starting torque by 340.92/240=1.42 times. In addition, the maximum values of the angle of relative rotation and the angle of rotation of the saw cylinder of the linter machine under torsion were set; they are 0.729 °/m and 0.523 ° (at t=0.519 s), respectively. In general, the study of machines in the form of machine units made it possible to establish the dynamics of starting the electric motor and torsional vibrations of the saw cylinder of a linter machine with distributed parameters.

В статье приведены результаты исследований машинного агрегата пильного цилиндра линтерной машины с распределенными параметрами. Для этого были использованы подсистемы как с сосредоточенными параметрами (уравнения Лагранжа II рода), так и с распределенными параметрами (уравнение Лапласа в цилиндрических координатах). В результа-

те изучение машинного агрегата пильного цилиндра линтерной машины с сосредоточенными параметрами по предложенной характеристике асинхронного электродвигателя А.Е. Левина показало, что критический движущий момент электродвигателя составляет 340,92 Н·м, переходный процесс протекает в течение 0,8 с, а максимальное значение углового ускорения пильного цилиндра линтерной машины достигает 675,05 рад/с² при $t=0,223$ с. При этом использован асинхронный электродвигатель 4А200М8У3 с мощностью 18,5 кВт, частотой вращения 735 об/мин и номинальным крутящим моментом 240 Н·м. Расчетами установлено увеличение пускового момента в $340,92/240=1,42$ раза. Кроме того, определены максимальные значения угла относительного поворота и угла поворота пильного цилиндра линтерной машины при кручении, которые соответственно равны 0,729 %/м и 0,523 ° (при $t=0,519$ с). Получена математическая модель крутильных колебаний пильного цилиндра линтерной машины с распределенными параметрами.

Keywords: linter machine, saw cylinder, machine unit with lumped and distributed parameters, electric motor, torsional vibrations, mathematical model, angle of shaft rotation.

Ключевые слова: линтерные машины, пильный цилиндр, машинный агрегат с сосредоточенными и распределенными параметрами, электродвигатель, крутильные колебания, математическая модель, угол поворота вала.

Introduction

I.I. Artobolevsky proposed to study machines in the form of machine units; this makes it possible to more accurately assess the dynamic processes occurring in the “drive-transmission-actuator” system under the influence of technological loads [1].

I.I. Vulfson [2, 3] used an idealized calculation scheme in the form of a subsystem with distributed parameters to reduce the complexity of the machine unit calculation.

N.S. Piskunov [4] considered the equation of torsional vibrations of a homogeneous cylindrical rod in the form of the Laplace equation.

In [5], to determine the pattern of change in the frequency and rotation irregularities of the rotor in the electric motor and saw cylinder, depending on the elastic-dissipative parameters of the coupling, the moment of inertia of the electric motor, the moment of inertia and the resistance of the saw cylinder, the equation of motion of the machine unit of the 156-saw cylinder of the gin were used.

In the article by D.M. Mukhammadiev et al. [6], the dynamic characteristics of the gin

saw cylinder were considered in the form of the Laplace equation, as a subsystem with concentrated and distributed parameters using the characteristics of an asynchronous electric motor proposed by M.M. Sokolov.

It is known that when an electric motor is connected to the network, an increase in the starting torque by 1.5–6 times relative to the nominal one is observed [7]. This process takes place at the maximum load on the electric motor at the time of starting, which indicates the need to study the dynamic processes occurring in machine units using various characteristics of asynchronous electric motors.

The saw cylinder of a linter machine consists of an electric motor and the saw cylinder with a coupling.

Therefore, the objectives of the research are to find the pattern of change in the angular acceleration of the rotation of the rotor of electric motor and the saw cylinder as a function of time, taking into account the elastic-dissipative parameters of the coupling, the moment of inertia and the moment of resistance of the electric motor and the saw cyl-

inder using the equation of motion of the machine unit of the saw cylinder, which provides the normal mode of linter machine operation. To do this, it is necessary to take into account the elasticity of the links and damping factors (dissipation) of the drive, while the elasticity and dissipation of supports due to the generalization of the system coordinates are not taken into account.

To study the dynamic parameters of the saw cylinder of a linter machine, we consider the machine unit as a system consisting of subsystems with concentrated and distributed parameters. In accordance with data obtained in [1, 5], a mathematical model of the first subsystem with concentrated parameters was developed; the model for the subsystems with distributed parameters, was developed according to the data obtained in [2–4, 6].

Materials and methods

1. Saw cylinder subsystem of linter machine with concentrated parameters

As follows from the dynamic model of the saw cylinder (Fig. 1a), the angular displacement of the electric motor (D) through the coupling is transmitted to the long saw cylinder (PS), the torsional vibrations of which can be quite significant. In the dynamic model of the saw cylinder accepted (shown in Fig. 1a) the following symbols are used: \mathfrak{I}_d , \mathfrak{I}_{ps} are the concentrated moments of inertia of the electric motor and saw cylinder, $\text{kg}\cdot\text{m}^2$; \mathfrak{I} is the distributed moment of inertia of the saw cylinder and parts rigidly connected with it, $\text{kg}\cdot\text{m}^2$; c , b are the coefficients of rigidity ($\text{N}\cdot\text{m}/\text{rad}$) and dissipation ($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{f}/\text{rad}$) of the coupling; φ_d , $\varphi_{ps}(x)$ are the absolute coordinates of the corresponding sections, rad ; $Q(x)$ is the distributed generalized force applied to the saw cylinder.

Let us take φ_d and $\varphi_{ps}(x)$ as generalized coordinates. Section $x=0$ divides the dynamic model of the saw cylinder (Fig. 1a) into subsystems with concentrated and distributed parameters, where two reactive moments $M-$ and $M+$ are applied (Fig. 1b); these moments are equal in magnitude and opposite in direction ($M+ = -M-$). The reactive moment in the “output” of the element (on the right) is taken as the positive direction of the angles count $\varphi_{ps}(x)$, and for the reactive moment in the

“input” of the element (on the left), it is negative.

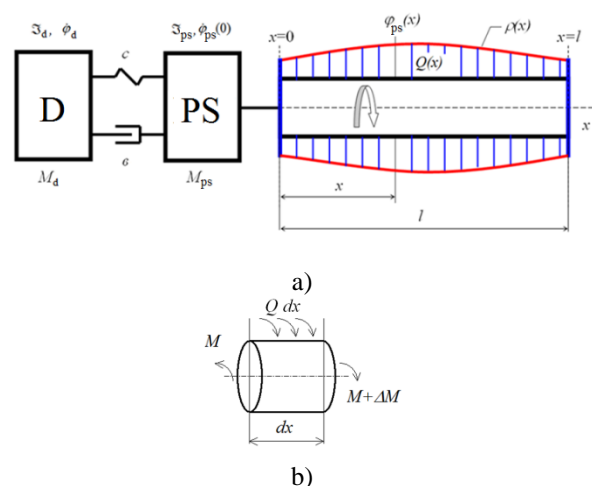


Fig. 1

When deriving differential equations for the saw cylinder of a linter machine, the Lagrange equation of the second kind is used:

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_i} \right] - \frac{\partial T}{\partial \phi_i} + \frac{\partial L}{\partial \phi_i} + \frac{\partial \Gamma}{\partial \phi_i} = Q[\phi_i]. \quad (1)$$

The dynamic model of the machine unit and the kinematic diagram of the saw cylinder are shown in Fig. 1a, where \mathfrak{I}_d , \mathfrak{I}_{ps} are the moments of inertia of the electric motor and the saw cylinder of the linter machine, respectively, $\text{kg}\cdot\text{m}^2$; M_d , M_{ps} are the moments of loads acting on the rotating shaft of the electric motor and the saw cylinder of the linter machine, respectively, $\text{N}\cdot\text{m}$; c is the stiffness of the coupling, $\text{N}\cdot\text{m}/\text{rad}$; b is the dissipation coefficient of the coupling, $\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{f}/\text{rad}$; $\dot{\phi}_d$, $\dot{\phi}_{ps}$ are the angular velocities of the rotor of the electric motor and the saw cylinder of the linter machine, s^{-1} ; i is the gear ratio of the coupling.

The saw cylinder drive of the linter machine consists of a coupling. The following kinematic relations are valid:

$$i=1. \quad (2)$$

The angular velocities of the rotating masses of the electric motor and the saw cy-

lin-der of the linter machine $\dot{\phi}_d, \dot{\phi}_{ps}$ are taken as the generalized coordinates.

The kinetic energy of the saw cylinder of a linter machine is:

$$T = \frac{\mathfrak{I}_d \dot{\phi}_d^2}{2} + \frac{\mathfrak{I}_{ps} \dot{\phi}_{ps}^2}{2}. \quad (3)$$

The potential energy of the saw cylinder of a linter machine is a homogeneous quadratic form of generalized coordinates and is written in the following form:

$$L = \frac{1}{2} [c(\phi_d - i\phi_{ps})^2]. \quad (4)$$

The dissipative function of the system is expressed as:

$$\Gamma = \frac{1}{2} [B(\dot{\phi}_d - i \cdot \dot{\phi}_{ps})^2]. \quad (5)$$

We define the terms of the Lagrangian equations:

- a) partial displacement derivatives of potential energy –

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \phi_d} &= c(\phi_d - i \cdot \phi_{ps}) \\ \frac{\partial L}{\partial \phi_{ps}} &= -ci(\phi_d - i \cdot \phi_{ps}) \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

- b) partial displacement derivatives of the dissipative function –

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \Gamma}{\partial \dot{\phi}_d} &= B(\dot{\phi}_d - i \cdot \dot{\phi}_{ps}) \\ \frac{\partial \Gamma}{\partial \dot{\phi}_{ps}} &= -Bi(\dot{\phi}_d - i \cdot \dot{\phi}_{ps}) \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

- c) partial derivatives with respect to velocities of generalized coordinates –

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_d} = \mathfrak{I}_d \dot{\phi}_d, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_{ps}} = \mathfrak{I}_{ps} \dot{\phi}_{ps}; \quad (8)$$

- d) differentiation in time –

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_d} \right) = \mathfrak{I}_d \ddot{\phi}_d, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_{ps}} \right) = \mathfrak{I}_{ps} \ddot{\phi}_{ps} \quad (9)$$

- e) generalized forces –

$$Q_d(\phi_d) = M_d, \quad Q_{ps}(\phi_{ps}) = -M_{ps}. \quad (10)$$

Substituting certain terms (6–10) into equation (1), we obtain a system of differential equations for the machine unit movement of the saw cylinder of the linter machine in a general form:

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{I}_d \ddot{\phi}_d &= M_d - c(\phi_d - i\phi_{ps}) - B(\dot{\phi}_d - i\dot{\phi}_{ps}) \\ \mathfrak{I}_{ps} \ddot{\phi}_{ps} &= ci \cdot \phi_d - i\phi_{ps} + \\ &+ Bi(\dot{\phi}_d - i\dot{\phi}_{ps}) - M_{ps} \end{aligned} \right\}. \quad (11)$$

The asynchronous motor is taken into account in the form of a dynamic characteristic proposed by A.E. Levin [8]:

$$\dot{M}_d = (\omega_c - P\dot{\phi}_d) \cdot \psi - \frac{M_d}{T_E}; \quad (12)$$

$$\dot{\psi} = \frac{(2M_k - \psi)}{T_s} - (\omega_c - P\dot{\phi}_d)M_d.$$

Here $T_E = (\omega_c S_k)^{-1}$ is the electromagnetic time constant of the engine, s ; ω_c is the circular frequency of the network supplying the electric motor, s^{-1} ; P is the number of pairs of poles; S, S_k are the slip of the rotor of the engine and its critical value, respectively;

$\psi = S_k \frac{(M_D + T_E \frac{dM_D}{dt})}{S}$ is the auxiliary variable,

$N \cdot m$.

Next, we determine the passport parameters and coefficients of the asynchronous motor, for the purpose of unifying production, we accept 4A200M8U3 [7]: $N=18.5$ kW is the rated power of the motor; $n=735$ rpm is the rated number of revolutions of the motor rotor; $M_N=240$ N·m is the rated torque on the shaft of the motor rotor; $M_K=M_N \cdot 2.7=648$ is the critical moment on the shaft of the motor rotor; $M_{II}=M_N \cdot 2=480$ N·m is the starting torque on the shaft of the motor rotor; $\mathfrak{I}_p=0.41$ kg·m² is the dynamic moment of inertia of the electric motor rotor; $f_c = 50$ Hz is the network frequency; $\omega_c=2 \cdot \pi \cdot f_c=314.15$ s⁻¹ is the circular frequency of the network supply-

ing the electric motor; $\eta=0.9$ is the engine efficiency; $\cos\varphi=0.76$ is the rated motor power factor; $\omega_o=78.53982 \text{ s}^{-1}$ is the synchronous frequency of rotation of the motor rotor; $\omega_n=76.96902 \text{ s}^{-1}$ is the rated frequency of rotation of the motor rotor; $S_n=(\omega_o-\omega_n)/\omega_o=0.02$ is the rated motor slip value; $S_K=0.07464086$ is the critical value of motor slip; $P=4$ is the number of pairs of poles; $I_{n.f.}=41.1 \text{ A}$ is the rated phase current; $I_{s.f.}=6.4 \text{ A}$ is the starting phase current.

The moments of inertia of the saw cylinder of the linter machine were determined by the acceleration method used to determine the moment of inertia of bodies of revolution.

The saw cylinder under study is mounted on bearings; therefore, the experiments were conducted directly on the linter machine. To do this, a thread was wound on a pulley, with weights G_1 and G_2 suspended at its end. These loads were lifted to a height of h . During two experiments with different loads, the fall times t_1 and t_2 were recorded using video recording and the accelerations W_1 and W_2 were determined. Then, the sought-for moment of inertia of the saw cylinder of the linter machine was determined from the following equation:

$$\mathfrak{I} = \left(G_1 \left(1 - \frac{W_1}{g} \right) - G_2 \left(1 - \frac{W_2}{g} \right) \right) \frac{r^2}{(W_1 - W_2)} \quad (13)$$

where: $G=m \cdot g$ is the gravity force, N; m is the weight of the load, kg; $g=9.81 \text{ m/s}^2$ is the free fall acceleration; r is the pulley radius, m; t is the time of lowering the load, s; h is the height of lowering the load, m.

Accelerations of falling weights were set in the following form

$$W_1 = \frac{2h}{t_1^2}, \quad W_2 = \frac{2h}{t_2^2}. \quad (14)$$

The results of the experiments are presented in Tables 1 and 2.

The moments of inertia of the motor rotor with a half-coupling $\mathfrak{I}_d=0.4373 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ (Table 1) and the saw cylinder of the linter machine with a half-coupling $\mathfrak{I}_{ps}=0.7033 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ (Table 2) were obtained in the experiments.

To study the machine unit of the saw cylinder of the linter machine, the technological load acting on the rotating shaft of the saw cylinder $M=M_{cp}+M_0\sin(\pi\omega_{ps}t+\varphi_{ps0})$ was experimentally determined (here $M_{cp}=207,8 \text{ N} \cdot \text{m}$; $M_0=19,41 \text{ N} \cdot \text{m}$; $\omega_{ps}=\pi \cdot 735/30 \text{ rad/s}$; t – time; φ_{ps0} is the initial phase) and then, by calculation, the stiffness of the coupling $c=9581 \text{ N} \cdot \text{m/rad}$ and the dissipation coefficient $B=55.39 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{f/rad}$ of the coupling were determined.

The implementation of the equations of motion of the saw cylinder of the machine unit of the linter machine (11) with the characteristic of the drive motor (12) made it possible to establish the pattern of change in the angular acceleration of the saw cylinder of the linter machine using A.E. Levin's characteristic (Fig. 2, 3) as a function of time.

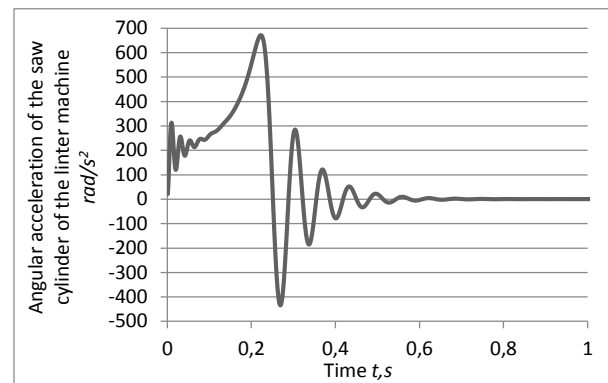


Fig. 2

The following parameters of the system were used: the technological load acting on the rotating saw cylinder of the linter machine $M_c=M_{cp}+M_0\cos(\pi\omega_{ps}t+\varphi_{ps0})$ (here $M_{cp}=207.8 \text{ N} \cdot \text{m}$; $M_0=19.41 \text{ N} \cdot \text{m}$; $\omega_{ps}=\pi \cdot 735/30 \text{ rad/s}$; t – time; φ_{ps0} – initial phase); elastic-dissipative parameters ($c=9581 \text{ H} \cdot \text{m/rad}$ and $B=55.39 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{f/rad}$) of the coupling, moment of inertia of the electric motor ($\mathfrak{I}_d=0.4373 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$) of saw cylinder ($\mathfrak{I}_{ps}=0.7033 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$).

The results of the analysis of Fig. 2 show that the maximum values of the angular acceleration of the saw cylinder of the linter machine are 675.05 rad/s^2 at $t=0.223 \text{ s}$, and the transient process lasts for 0.8 s ; the maximum value of the power consumption of the electric motor reaches up to 25.21 kW at $t=0.227 \text{ s}$ and the pattern of change in the an-

gular acceleration of the saw cylinder of the linter machine (Fig. 2) can be determined by dividing into three parts in time: I - $t \in [0; 0.1]$; II - $t \in [0.1; 0.23]$ and III - $t \in [0.23; 1.0]$.

Taking into account the pattern of change in the angular acceleration of the saw cylinder of the linter machine (Fig. 2), it can be expressed as the following function:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 \phi_{ps}}{\partial t^2} = \ddot{\phi}_{ps}(t) = 190 + 660t - 210 e^{-40t} \cos(285t) \\ \quad \text{if } t \in [0 - 0.1] \\ \frac{\partial^2 \phi_{ps}}{\partial t^2} = \ddot{\phi}_{ps}(t) = -155 677 919.5 \cdot t^5 + 121 644 370.7 t^4 - \\ \quad - 37 268 055.1 t^3 + 5 619 112.97 t^2 - \\ \quad - 416 168.8 t + 12 357.1 \text{ if } t \in [0.1 - 0.23] \\ \frac{\partial^2 \phi_{ps}}{\partial t^2} = \ddot{\phi}_{ps}(t) = 7000 e^{-10.5t} \sin(88t) \text{ if } t \in [0.23 - 1.0] \end{array} \right. \quad (15)$$

Table 1

No. of repetition	Load mass m, kg	Gravity of loads G, N	Load lowering time t, s	Acceleration of falling loads W, m/s ²	Moment of inertia of an electric motor with a coupling \mathfrak{I}_d , kg·m ²
1	5	49.03	10.540	0.018	0.4331
	6	58.836	7.905	0.032	
2	6	58.836	7.905	0.032	0.4294
	7	68.642	6.588	0.046	
3	7	68.642	6.588	0.046	0.4493
	8	78.448	5.797	0.059	
Average					0.4373

Table 2

No. of repetition	Load mass m, kg	Force of gravity of loads G, N	Load lowering time t, s	Acceleration of falling loads W, m/s ²	Moment of inertia of saw cylinder with a coupling \mathfrak{I}_{ps} , kg·m ²
1	5	49.03	13.333	0.0112	0.6959
	6	58.836	10.000	0.02	
2	6	58.836	10.000	0.02	0.6906
	7	68.642	8.333	0.0288	
3	7	68.642	8.333	0.0288	0.7233
	8	78.448	7.333	0.0372	
Average					0.7033

II. Saw Cylinder Subsystem of a Linter Machine with Distributed Parameters

Consider a subsystem with distributed parameters [2–4, 6]. Let us designate an elementary section with length dx on the saw cylinder of the linter machine 2 (Fig. 1b), then the moment of inertia of the

section is $\rho = \frac{\partial \mathfrak{I}}{\partial x} dx$. In this case, \mathfrak{I} is a variable reduced moment of inertia non-uniformly distributed along the x -axis, then $\rho = \rho(x, t)$; for $\mathfrak{I} = \text{const}$ we have $\rho = \rho(x)$; under a uniform distribution of masses $\rho = \mathfrak{I}/l = 0.7033 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/2.15\text{m} = 0.327 \text{ kg}\cdot\text{m}^2 = \text{const}$, where l is the length of the saw cylinder of the linter machine.

Using the theorems of changing the angular momentum, we determine the derivative of the angular momentum with respect to time

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\rho \frac{\partial \phi_{ps}}{\partial t} \right) dx = -M + (M + dM) + Q dx \quad (16)$$

where $dM = \frac{\partial M}{\partial x} dx$ is the increment of the moment M in section dx .

Elementary angular deformation $d\phi_{ps}$ is:

$$d\phi_{ps} = \frac{M}{G I(x)} dx \quad (17)$$

Where $G = 8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ – is the shear modulus for a steel shaft; $I(x)$ is the polar moment of inertia of the shaft, which in the general case can vary along the x -axis.

The moment is determined from dependence (17)

$$M = G I(x) \frac{d\phi_{ps}}{dx} \quad (18)$$

hence its differential is

$$dM = G \frac{\partial}{\partial x} \left(I(x) \frac{\partial \phi_{ps}}{\partial x} \right) dx.$$

Substituting (18) into equation (16) and reducing by dx, we get

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\rho \frac{\partial \phi_{ps}}{\partial t} \right) - G \frac{\partial}{\partial x} \left(I(x) \frac{\partial \phi_{ps}}{\partial x} \right) = Q(x) \quad (19)$$

If $\rho = \text{const}$ and $I(x) = \text{const} = 7.42 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$, equation (19) has the following form

$$\rho \frac{\partial^2 \phi_{ps}}{\partial t^2} - G I \frac{\partial^2 \phi_{ps}}{\partial x^2} = Q(x) \quad (20)$$

in this case, the generalized distributed force along the length $x \in [0; l]$, applied to the saw cylinder of the linter machine has the following form

$$Q(x) = \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t + \phi_{ps0})}{\pi R l} x. \quad (21)$$

where $M_{cp} = 35.67 \text{ N}\cdot\text{m}$; $M_0 = 3.33 \text{ N}\cdot\text{m}$; $\omega_{ps} = \pi \cdot 735/30 \text{ rad/s}$; t – time; $\phi_{ps0} = 0$ – is the initial phase; $l = 2.15 \text{ m}$ is the saw cylinder length; $R = 0.1109 \text{ m}$ is the radius in the center of the saw cylinder gasket of the linter machine. Then equation (20) for

$\frac{\partial^2 \phi_{ps}}{\partial x^2} = \ddot{\phi}_{\text{mix}}$ takes the following form:

$$\left\{ \begin{aligned} \ddot{\phi}_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(190 + 660t - 210 e^{-40t} \cos(285t)) - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{\pi R l} x \right) && \text{if } t \in [0-0.1] \\ \ddot{\phi}_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(-155 677 919.5t^5 + 121 644 370.72t^4 - 37 268 055.1t^3 + 5 619 112.97t^2 - 416 168.82t + 12 357.15) - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{\pi R l} x \right) && \text{if } t \in [0.1-0.23] \\ \ddot{\phi}_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(7000 e^{-10.5t} \sin(88t)) - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{\pi R l} x \right) && \text{if } t \in [0.23-1.0] \end{aligned} \right. \quad (22)$$

The pattern of change in the angular velocity of the saw cylinder of the linter machine for $x=0$ is $\dot{\phi}_{psx} = 0$, then $C_1=0$, $C_2=0$, $C_3=0$, and the equations have the following form

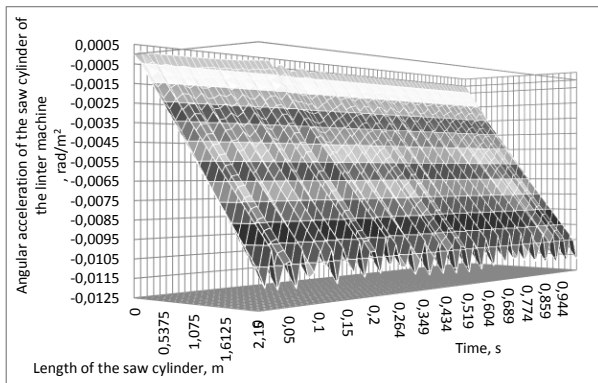
$$\left\{ \begin{aligned} \dot{\phi}_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(190 + 660t - 210 e^{-40t} \cos(285t))x - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{2\pi R l} x^2 \right) && \text{if } t \in [0-0.1] \\ \dot{\phi}_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(-155 677 919.5t^5 + 121 644 370.72t^4 - 37 268 055.1t^3 + 5 619 112.97t^2 - 416 168.82t + 12 357.15)x - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{2\pi R l} x^2 \right) && \text{if } t \in [0.1-0.23] \\ \dot{\phi}_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(7000 e^{-10.5t} \sin(88t))x - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{2\pi R l} x^2 \right) && \text{if } t \in [0.23-1.0] \end{aligned} \right. \quad (23)$$

The pattern of changing the angular rotation of the saw cylinder of the linter machine for $x=0$ is $\phi_{psx}=0$, then $C_4=0$, $C_5=0$, $C_6=0$, and the equations have the following form

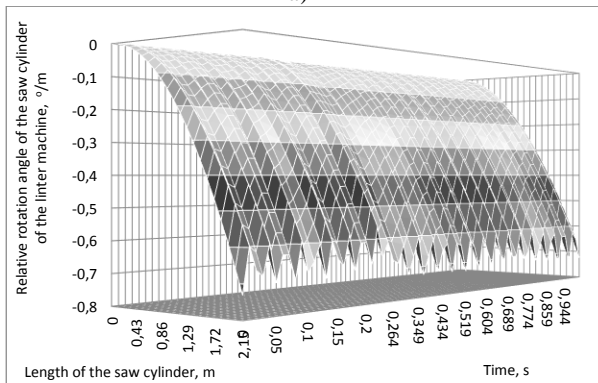
$$\left\{ \begin{aligned} \phi_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(190 + 660t - 210 e^{-40t} \cos(285t)) \frac{x^2}{2} - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{6\pi R l} x^3 \right) && \text{if } t \in [0-0.1] \\ \phi_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(-155 677 919.5t^5 + 121 644 370.7t^4 - 37 268 055.1t^3 + 5 619 112.97t^2 - 416 168.82t + 12 357.15) \frac{x^2}{2} - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{6\pi R l} x^3 \right) && \text{if } t \in [0.1-0.23] \\ \phi_{psx} &= \frac{1}{GI} \left(\frac{\rho(7000 e^{-10.5t} \sin(88t)) \frac{x^2}{2} - M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ps} t)}{6\pi R l} x^3 \right) && \text{if } t \in [0.23-1.0] \end{aligned} \right. \quad (24)$$

Results and discussions

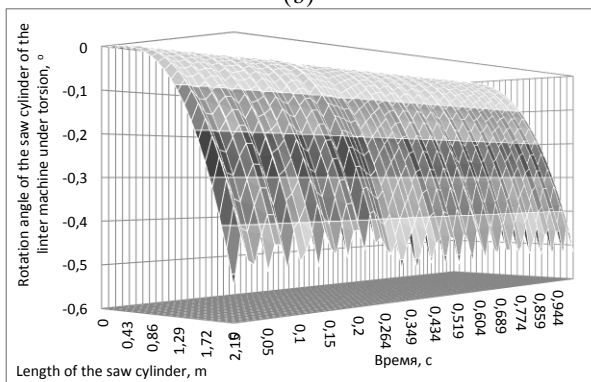
The solution to equations (22-24) made it possible to study the dynamics of torsional vibrations of the saw cylinder of a linter machine with distributed parameters (Figs. 3, 4).



a)



b)



c)

Fig. 3

The graphs plotted (Fig. 3) made it possible to determine the maximum values of the angle of relative rotation and the angle of rotation of the saw cylinder of the linter machine under torsion; they are $0.729^\circ/\text{m}$ and 0.523° ($t_{att}=0.519$ s), respectively.

CONCLUSIONS

In general, the study of machines in the form of machine units made it possible to establish the dynamics of starting the electric motor and torsional vibrations of the saw cylinder of a linter machine with distributed parameters. For this, subsystems were used with concentrated parameters (Lagrange equations

of the second kind) and distributed parameters (Laplace's equation in cylindrical coordinates).

The study of the machine unit of the saw cylinder of a linter machine with concentrated parameters according to the characteristic proposed by A.E. Levin showed that the critical driving moment of the electric motor is $340.92 \text{ N}\cdot\text{m}$, the transient process lasts for 0.8 s, and the maximum value of the angular acceleration of the saw cylinder of the linter machine reaches 675.05 rad/s^2 at $t=0.223$ s.

The asynchronous electric motor 4A200M8U3 with a power of 18.5 kW , a rotation speed of 735 rpm , and a rated torque of $240 \text{ N}\cdot\text{m}$, installed on the rotor shaft leads to an increase in the starting torque according to the characteristic proposed by A.E. Levin by $340.92/240=1.42$ times.

The result of calculations to determine the torsion of the saw cylinder of a linter machine using the characteristic proposed by A.E. Levin is 0.523° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учеб. для вузов. 4 изд., перераб. и доп. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 640 с.
2. Вульфсон И.И. Динамика цикловых машин. СПб.: Политехника, 2013. 425 с.
3. Вульфсон И.И. К проблеме снижения виброактивности приводов цикловых машин при учете динамических характеристик электродвигателя // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2017. №4. С.12–19.
4. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления: учебное пособие для вузов. Изд. 13. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. Т. 2. 560 с.
5. Мухаммадиев Д.М. Исследование неравномерности вращения пильного цилиндра джина 5ДП-156 при различных характеристиках асинхронного электродвигателя // Вестник КрасГАУ. 2008. №1. С. 236...241.
6. Mukhammadiev D.M. Ibragimov F.Kh., Mukhammad T.D. Modeling the Motion of a Saw Ginning Machine // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2020, Vol. 49, No. 3, pp. 255–261.
7. Кравчик А.Э. и др. Асинхронные двигатели серии 4А. М.: Энергоиздат, 1982. 504 с.
8. Левин А.Е. Математическое моделирование приводов машин-орудий // Сб. науч. тр. по теории механизмов и машин. Алматы: Наука Казахстана, 1977. С. 259...260.

REFERENCES

1. *Artobolevsky I.I.* Theory of mechanisms and machines / Textbook for technical colleges. M.: Nauka. Phys.-Math. Lit. 1988. 640 p.
2. *Vulfson I.I.* Dynamics of cycle machines. St. Petersburg: Polytechnic. 2013. 425 p.
3. *Vulfson I.I.* On the problem of reducing the vibration activity of drives of cyclic machines considering the dynamic characteristics of the electric motor // Problems of mechanical engineering and reliability of machines. 2017. No. 4. P.12–19.
4. *Piskunov N.S.* Differential integral calculus: Textbook for higher educational institutions. M.: Nauka. Phys. and Math. Lit. 1985. V. 2. 560 p.
5. *Mukhammadiev D.M.* Study of uneven rotation of the saw cylinder gin 5DP-156 under different characteristics of an asynchronous electric motor // Bulletin of KrasGAU. 2008. No. 1. P.236–241.
6. *Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Mukhammadiev T.D.* Modeling the Motion of a Saw Ginning Machine // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2020. Vol. 49. No. 3. pp. 255–261.
7. *Kravchik A.E. et al.* Series 4A asynchronous motors. M.: Energoizdat. 1982. 504 p.
8. *Levin A.E.* Mathematical modeling of machine tool drives // Scientific articles on the theory of mechanisms and machines. Almaty: Science of Kazakhstan. 1977. P. 259-260.

Рекомендована семинаром "Теории механизмов и машин". Поступила 11.01.23.

УДК 687.03:004.89

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_183

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ
ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА**

MULTIFUNCTIONAL DIGITAL MODEL OF TEXTILE MATERIAL

Е.Ю. ДОЛГОВА, М.А. ЧИЖИК,

E.YU. DOLGOVA, M.A. CHIZHIK

(Омский государственный технический университет)

(Omsk State Technical University)

E-mail: dolgova13@rambler.ru, margarita-chizhik@rambler.ru

Статья посвящена разработке алгоритма создания многофункциональной цифровой модели текстильного материала. Цифровая модель реализуется взаимосвязанными функциональными модулями, отвечающими за определение характеристик, прогнозирование значений показателей свойств, выдачу рекомендаций по целевому применению, визуализацию поведения текстильного материала при формообразовании. Цифровая модель построена на основе авторской методики определения свойств материала с помощью разработанных математических моделей, использующих данные о строении материала и его сырьевом составе. В качестве основных инструментов для разработки цифровой модели использованы технологии искусственного интеллекта: компьютерное зрение, различные виды машинного обучения и нейросети.

The article proposes an algorithm for creating a multifunctional digital model of textile material. The digital model is presented in the form of interconnected modules responsible for the following functions: identification of the material, predicting the values of property indicators, issuing recommendations for the intended use and visualization of the behavior of textile material during shaping. The digital model is based on the author's methodology for determining the properties of the material with the help of the developed mathematical models using data on the structure of the material and its raw material composition. Artificial intelligence technologies are used as the main tools for developing a digital model: computer vision, various types of machine learning and neural networks.

Ключевые слова: цифровая модель, текстильный материал, искусственный интеллект, алгоритм, идентификация, прогнозирование свойств, визуализация.

Keywords: digital model, textile material, artificial intelligence, algorithm, identification, prediction of properties, visualization.

В настоящее время все этапы проектирования швейного изделия или предмета одежды можно осуществлять в цифровой среде, обеспечивающей существенное сокращение времени на разработку продукта, снижение потребности в физических образцах материалов, повышение эффективности бизнеса и управленческих процессов, высокий уровень гибкости компаний и способность реагировать на меняющиеся потребности рынка. В свою очередь, точное удовлетворение запросов потребителей влечет за собой сокращение отходов, возникающих в результате нерезализованной продукции. Соответственно уменьшается неблагоприятное воздействие на экологию, сокращается углеродный след.

В индустрии моды уже сегодня широко применяются цифровые модели человеческого тела (аватары), технологии трехмерной визуализации, виртуальные примерки одежды. Однако без создания цифровой модели (ЦМ) материала невозможно получить реалистичный виртуальный 3D-образец изделия, спрогнозировать поведение материала и изделия при обработке и эксплуатации. Создание технологии оцифровки текстильного материала (ТМ) позволит осуществить полную цифровую трансформацию процессов производства и реализации одежды.

Определение свойств и поведения материалов в процессе производства и эксплуатации традиционно проводится экспериментальным методом. В производственных условиях это сложно реализуемо, так как требуются существенные материальные и временные затраты на проведение исследований, реальные образцы материалов, испытательное оборудование, опытные специалисты. Даже простой выбор и закупка материалов требуют личного присутствия покупателя, потому что предусматривают визуальный и тактильный контакт с ними.

Необходимость создания ЦМ материалов обострилась в период пандемии, когда многие виды деятельности и процессы перешли в онлайн-формат, что повысило потребность в разработке цифровых продуктов.

Цель данного исследования – разработка алгоритма создания ЦМТМ, которая позволит определять характеристики, прогнозировать значения показателей свойств, поведение материала при изготовлении и эксплуатации изделий без физического контакта с ним и без инструментальных исследований.

Согласно ГОСТ Р 57700.37-2021 "цифровая модель изделия – это система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям".

В настоящее время работы по созданию ЦМТМ ведутся российскими и зарубежными научно-исследовательскими коллективами, но готового решения пока не создано. Следует отметить, что в статьях [1...5] авторами рассматриваются отдельные аспекты, подходы, касающиеся технологии создания ЦМТМ.

Вместе с тем решение задачи получения ЦМ материалов должно быть: во-первых, комплексным, учитывающим визуальные и физико-химические свойства материалов; во-вторых, универсальным, применимым для различных целей (определение значений показателей свойств, визуализация внешнего вида материала, поведения его в процессе изготовления и пр.); в-третьих, по возможности обеспечиваю-

щим интеграцию и коммуникацию между разными интернет-сервисами, например, встраиваемым в программы 3D визуализации одежды.

В работе ЦМТМ построена на основе авторской методики определения свойств

материала с помощью разработанных математических моделей, использующих данные о строении материала и его сырьевом составе. ЦМТМ представлена в виде взаимосвязанных модулей, отвечающих за определенные функции (рис. 1).

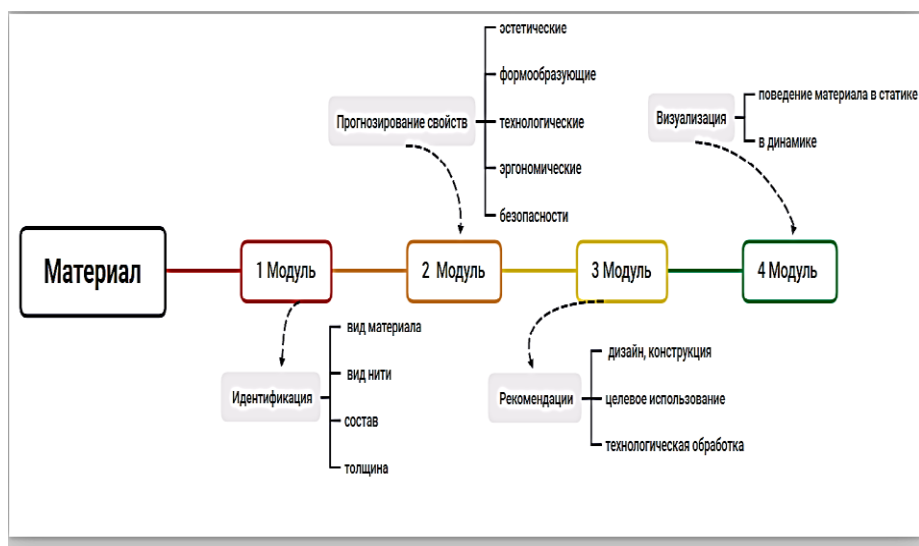


Рис. 1

Данную схему можно рассматривать и как алгоритм создания ЦМТМ, основные этапы которого представлены ниже.

1. Подготовка данных для идентификации ТМ (определение характеристик строения, сырьевого состава, внешнего вида); анализ и отбор архитектур нейронных сетей, наилучшим образом подходящих для решения данной задачи; анализ моделей, полученных в итоге машинного обучения (модуль 1).

2. Разработка алгоритмов прогнозирования значений отдельных свойств ТМ. Подготовка данных для определения (прогнозирования) свойств ТМ. Отбор алгоритмов и моделей машинного обучения, наилучшим образом подходящих для решения данной задачи; анализ полученных моделей и разработанных алгоритмов (модуль 2).

3. В рамках модуля 3 осуществляется сопоставление полученных показателей с нормативными требованиями и формирование рекомендаций по использованию ТМ.

4. Модуль 4 отвечает за визуализацию поведения материала в изделии как в статике, так и в динамике.

Цифровая модель также предусматривает создание базы знаний, хранящей в себе весь накопленный опыт исследований различных ТМ и их подбора для решения конкретных прикладных задач.

При разработке ЦМ используются такие технологии искусственного интеллекта, как компьютерное зрение, машинное обучение, нейронные сети.

Текстильные материалы – сложные объекты, обладающие комплексом свойств, зависящих от их строения, состава, структуры. Поэтому в первую очередь необходимо получить информацию о виде и строении материала, химическом составе, визуальных показателях (цвет, рисунок, характер поверхности), геометрических характеристиках (толщина). В работе для получения основных характеристик используются фотоизображения материала, нитей и волокон, составляющих материал, получаемые при помощи смартфона с разрешением камеры от 8МП и выше, портативного USB микроскопа с увеличением 200 крат. Для прогнозирования отдельных свойств ТМ (жесткости, драпируемости) требуются

значения толщины, которые определяются измерительным методом.

Затем необходимо обучить алгоритм выбирать и интерпретировать считанные признаки, преобразуя их в формат модели материала. В качестве методов решения задачи используются компьютерное зрение и искусственные нейронные сети.

Ранее авторами построены математические модели, подтверждающие возможность прогнозирования значений отдельных свойств ТМ [6]. С помощью информационных технологий и искусственного интеллекта на основе разработанных математических моделей создаются алгоритмы, обучающие модели для прогнозирования свойств. Машинное обучение как класс методов искусственного интеллекта, для которого характерна возможность контролируемого или неконтролируемого обучения на определенных наборах данных, позволяет решать различные задачи качественно и быстро, делать точные прогнозы. Конкретный метод машинного обучения, зависящий от способа обучения и алгоритма, выбирается с учетом его возможности и трудоемкости, требуемых ресурсов и точности достижения цели. Вначале апробируются более простые, но достаточно эффективные методы. При необходимости задействуются более сложные (глубокое обучение – нейронные сети и др.). Методы глубокого обучения требуют большого количества данных и большой вычислительной мощности, этому их применение оправдано в случаях, когда простые методы машинного обучения показывают низкую точность.

Для эффективного и качественного обучения алгоритмов необходимо правильно сформировать обучающую выборку. Ошибки в формировании обучающего множества могут оказываться критичными и способны свести на нет эффективность самих алгоритмов обучения. Поэтому большое внимание уделяется подготовке обучающей сбалансированной репрезентативной выборки, включающей образцы различных текстильных материалов, отличающихся способом получения, сырьевым составом, строением [7]. Кроме того, для получения высокой точности модели дата-

сет должен содержать большое количество вводимых данных, которые размечаются вручную путем кодирования. Часть из них используется для обучения, часть – для тестирования.

Далее по прогнозируемым значениям свойств и полученным характеристикам материала (данные модулей 1 и 2) разрабатываются рекомендации по целевому использованию материала, конструктивным особенностям изделий, изготавливаемых из данного материала, и методам обработки, выдаются рекомендации по уходу (модуль 3).

В модуле 4 ЦМТМ заложена функция визуализации для реалистичной передачи поведения материала в изделии, для чего используются значения показателей свойств, полученных ранее (модуль 2). Многие существующие программы (модули) 3D проектирования и визуализации одежды моделируют поведение материала при формообразовании, используя определенный набор свойств и их значений, а также банк материалов с уже установленными показателями свойств. Но применение этих программ сдерживается рядом факторов: иностранные программы (модули) 3D визуализации не адаптированы под российского пользователя, используют показатели свойств материала и методы их оценки, установленные по стандартам страны-разработчика программы, а также имеются сложности с переводом и терминологией.

После разработки каждого модуля проводится тестирование и валидация полученных алгоритмов и моделей на контрольной части выборки. При необходимости будет проходить дообучение модели.

В настоящее время в результате проведенных процедур получены модели и алгоритмы, позволяющие с точностью 96,5 % идентифицировать вид материала по его фотоизображению, прогнозировать жесткость и драпируемость по вводимым характеристикам материалов (максимальная погрешность составила 14 %).

С целью уменьшения погрешности и повышения точности в перспективе авторами планируется провести дообучение мо-

делей на большем количестве данных. Также будут разрабатываться новые модели и алгоритмы для идентификации других характеристик и прогнозирования свойств ТМ.

ВЫВОДЫ

1. Обоснована необходимость создания цифровой модели текстильного материала с точки зрения цифровой трансформации проектирования, производства и реализации швейных изделий.

2. Разработан алгоритм реализации цифровой модели, который представлен совокупностью взаимосвязанных функциональных модулей.

3. Предложен комплекс входных данных, методы и технологии, позволяющие осуществить идентификацию материала, прогнозирование показателей отдельных его свойств без применения инструментальных методов.

4. Получены модели и алгоритмы, позволяющие идентифицировать вид материала по его фотоизображению с точностью 96,5 %, а также прогнозировать значения жесткости и драпируемости по вводимым характеристикам материалов (максимальная погрешность составила 14 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang J., Xin B., Wu X. A. Review of Fabric Identification Based on Image Analysis // *Technology Textiles and Light Industrial Science and Technology*. 2013. Vol. 2. № 3. P. 120...130.

2. Kuijpers A.M., Luible-Bär C., Gong R.H. The measurement of fabric properties or virtual simulation – a critical review. 2020. [Online]. Available: https://standards.ieee.org/content/dam/ieeestandards/standards/web/governance/iccom/3DBP-Measurement_of_fabric_properties.pdf (accessed 22.12.2020).

3. The Future of Fabrics. Digital Fabric Roadmap [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://modint.nl/?file=5515&m=1626269470&action=file.download> (дата обращения 12.10.2021).

4. REPORT: Digital Fabric Physics Interoperability [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://3drc.pi.tv> (дата обращения 10.10.2021).

5. Moskvina A.Yu., Moskvina M.A., Kuzmichev V.E. Digital twins of textile materials for visualization of

historical costumes // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2022. № 2 (398). С. 86...93. DOI: 10.47367/0021-3497_2022_2_86

6. Chizhik M. A., Yurkov V.Yu., Dolgova E.Yu. Predictive geometric models for some hygienic properties of multi-component fabrics // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1901. No. 1. P. 012059-1...012059-6. DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012059

7. Долгова Е.Ю., Чижик М.А., Найманханова Ж.М., Иванцова Т.М. Формирование обучающей выборки для создания цифровых двойников текстильных материалов // *Изв. вузов. Технология легкой промышленности*. 2021. № 3. С. 39...42. DOI: 10.46418/0021-3489_2021_53_03_09

REFERENCES

1. Zhang J., Xin B., Wu X. A. Review of Fabric Identification Based on Image Analysis // *Technology Textiles and Light Industrial Science and Technology*. 2013. Vol. 2. № 3. P. 120...130.

2. Kuijpers A. M., Luible-Bär C., Gong R. H. The measurement of fabric properties or virtual simulation – a critical review. 2020. [Online]. Available: https://standards.ieee.org/content/dam/ieeestandards/standards/web/governance/iccom/3DBP-Measurement_of_fabric_properties.pdf (accessed 22.12.2020).

3. The Future of Fabrics. Digital Fabric Roadmap [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://modint.nl/?file=5515&m=1626269470&action=file.download> (data obrashcheniya 12.10.2021).

4. REPORT: Digital Fabric Physics Interoperability [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://3drc.pi.tv> (data obrashcheniya 10.10.2021).

5. Moskvina A.Yu., Moskvina M.A., Kuzmichev V.E. Digital twins of textile materials for visualization of historical costumes // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenij, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 2 (398). P. 86...93. DOI: 10.47367/0021-3497_2022_2_86

6. Chizhik M.A., Yurkov V.Yu., Dolgova E.Yu. Predictive geometric models for some hygienic properties of multi-component fabrics // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1901. № 1. R. 012059-1...012059-6. DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012059

7. Dolgova E.Yu., Chizhik M.A., Najmanhanova ZH.M., Ivancova T.M. Formirovanie obuchayushchej vyborki dly asozdaniya cifrovyh dvojnikov tekstil'nyh materialov // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij, Tekhnologiya legkoj promyshlennosti*. 2021. № 3. P. 39...42. DOI: 10.46418/0021-3489_2021_53_03_09

Рекомендована кафедрой конструирования и технологий изделий легкой промышленности Омского государственного технического университета. Поступила 17.03.23.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДОВ ВОЛОКОН ПО ЗОНАМ РАБОЧЕГО УЗЛА ВАЛИЧНОЙ КАРДОЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЫ

SIMULATION OF FIBER TRANSITIONS IN WORKING UNIT SECTIONS OF A CARDING MACHINE

Н.А. ГИССЕК, А.В. ФИРСОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ

N.A. GISSEK, A.V. FIRSOV, P.A. SEVOSTYANOV

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

(Russian State University named after A.N. Kosygin)

E-mail: ngissek@gmail.com

В статье предложена модель взаимодействия гарнитуры главного барабана с валиками кардочесальной машины как вероятностный марковский процесс. Построена модельная матрица вероятностей перехода и произведены соответствующие расчеты для того, чтобы детально проследить динамику изменения вероятностей обнаружения волокна в том или ином состоянии в процессе движения продукта в зоне чесания. Для вычислений использованы основные положения теории марковских процессов и компьютерное моделирование динамики движения волокон. Показано, что использование модели дискретного марковского процесса позволяет рассчитать основные характеристики переходного режима в рабочем узле валичной чесальной машины.

The article proposes a model of interaction of the headset of the main drum with the rollers of the carding machine as a probabilistic Markov process. A model matrix of transition probabilities was constructed and corresponding calculations were performed in order to trace the dynamics of changes in the probabilities of detecting fiber in a particular state during the movement of the product in the carding zone in detail. The main provisions of the Markov processes theory and computer modeling of the dynamics of fiber motion are used for calculations. It is shown that the use of a discrete Markov process model makes it possible to calculate the main characteristics of the transition mode in the working node of a roller carding machine.

Ключевые слова: кардочесание, валичная машина, чесальная машина, марковский процесс, марковские цепи, гарнитура машин.

Keywords: carding, roller machine, carding machine, Markov process, Markov chains, machine headset.

Основным участком обработки на валичных чесальных машинах являются зоны взаимодействия кардной гарнитуры главного барабана с рабочим и съемным валиками. Схема их взаимодействия представлена на рис. 1.

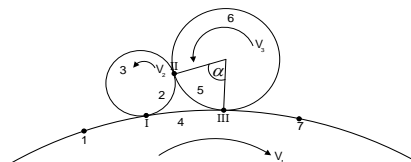


Рис. 1

Стрелками указаны направления вращения и скорости главного барабана V_1 , съемного V_2 и рабочего V_3 валиков. Римскими цифрами отмечены точки взаимодействия гарнитур: I – барабана и съемного валика; II – рабочего и съемного валиков; III – рабочего валика и барабана.

Выделим следующие возможные состояния волокон: 1 – волокна на гарнитуре барабана, поступающие в зону; 2 – волокна на съемном валике, не перешедшие на барабан; 3 – волокна на съемном валике, снятые с рабочего валика; 4 – волокна на барабане перед взаимодействием с рабочим валиком; 5 – волокна на рабочем валике, не снятые съемным; 6 – волокна на рабочем валике, снятые с барабана; 7 – волокна на барабане на выходе из зоны. Поскольку переход каждого волокна из одного состояния в другое в зонах взаимодействия – случайное событие, которое слабо зависит от предыдущих событий, то можно считать, что эти переходы могут быть описаны вероятностным марковским процессом. Такой подход неоднократно реализован рядом зарубежных и отечественных исследователей. Наиболее полно он описан в работе Н.М. Ашнина [1]. С помощью этого подхода построены оценки для показателей загрузки гарнитур волокном и интенсивности обработки волокна в стационарном режиме работы.

Дискретные марковские цепи могут быть использованы также для моделирования переходных режимов и оценки характеристик технологического процесса в этих режимах. Построим граф, отображающий движение волокон в рассматриваемом рабочем узле (рис. 2). Вершины графа соответствуют перечисленным выше состояниям волокон, а дуги – возможным переходам между состояниями.

Марковский процесс для этого графа может быть описан матрицей вероятностей перехода A :

$$A = \begin{pmatrix} 0 & P_{12} & 0 & 1-P_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{23} & 0 & 1-P_{23} & 0 & 0 \\ 0 & P_{32} & 0 & 1-P_{32} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-P_{47} & P_{47} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-P_{57} & P_{57} \\ 0 & 0 & P_{63} & 0 & 1-P_{63} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Преобразуем матрицу к квазитреугольному виду:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{23} & 0 & 1-P_{23} & 0 & 0 \\ 0 & P_{32} & 0 & 1-P_{32} & 0 & 0 & 0 \\ P_{47} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-P_{47} & 0 \\ P_{57} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-P_{57} & 0 \\ 0 & 0 & P_{63} & 0 & 1-P_{63} & 0 & 0 \\ 0 & P_{12} & 0 & 1-P_{12} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Структура матрицы показывает, что состояния 1 – 6 являются сообщающимися и невозвратными, а состояние 7 – поглощающим.

Известно [2], что переходные режимы в дискретных марковских процессах с такими матрицами перехода определяются так называемой фундаментальной матрицей $N = (I - Q)^{-1}$, в которой I – единичная матрица, а Q – подматрица переходов между невозвратными состояниями.

Оценка вероятностей перехода привела к округленным до десятых долей значениям $P_{12} = 0.8$, $P_{23} = 0.6$, $P_{32} = 0.1$, $P_{47} = 0.2$, $P_{57} = 0.5$, $P_{63} = 0.8$. Тогда матрица Q и фундаментальная матрица N равны

$$Q = \begin{pmatrix} & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 1 \\ 2 & 0 & 0,6 & 0 & 0,4 & 0 & 0 \\ 3 & 0,1 & 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 \\ 6 & 0 & 0,8 & 0 & 0,2 & 0 & 0 \\ 1 & 0,8 & 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} 1,27 & 2,76 & 2,48 & 1,01 & 2,49 & 0 \\ 0,35 & 3,54 & 3,19 & 0,72 & 2,91 & 0 \\ 0,25 & 2,52 & 3,27 & 0,69 & 2,96 & 0 \\ 0,16 & 1,57 & 1,42 & 1,43 & 1,85 & 0 \\ 0,32 & 3,15 & 2,83 & 0,87 & 3,70 & 0 \\ 1,07 & 2,71 & 2,64 & 0,94 & 2,58 & 1 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{pmatrix} 0,35 & 9,18 & 7,58 & 0,87 & 9,74 & 0 \\ 0,42 & 9,01 & 7,48 & 0,83 & 10,16 & 0 \\ 0,33 & 8,99 & 7,41 & 0,81 & 10,19 & 0 \\ 0,22 & 7,11 & 5,84 & 0,62 & 8,42 & 0 \\ 0,39 & 9,25 & 7,66 & 0,87 & 9,99 & 0 \\ 0,51 & 9,15 & 7,64 & 0,87 & 9,86 & 0 \end{pmatrix}$$

Первые строка и столбец в матрице Q – номера состояний.

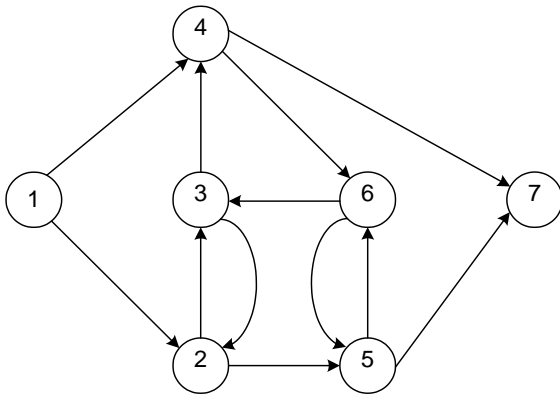


Рис. 2

Зная фундаментальную матрицу, можно рассчитать среднее время переходного режима из состояния 1 во все последующие до конечного и из любого другого состояния до конечного M_i , $i = 1, \dots, 6$:

$$M_i = \sum_{j=1}^6 N_{ij}, \quad i = 1, \dots, 6. \quad (1)$$

Для рассматриваемых исходных данных этот вектор равен

$$M = (10.01 \quad 10.72 \quad 9.69 \quad 6.43 \quad 10.87 \quad 10.94)^T$$

С помощью фундаментальной матрицы можно найти также матрицу дисперсий времени пребывания процесса в каждом из состояний:

$$D = N(2N_d - I) - N_{sq}. \quad (2)$$

Для рассматриваемых значений эта матрица равна

Найдем дисперсии для времен пребывания процесса в состояниях 2 – 6 до перехода в состояние 7. Вектор этих дисперсий равен

$$D = (89.60 \quad 91.81 \quad 92.05 \quad 75.24 \quad 91.44 \quad 90.11)^T$$

Зная вектор дисперсии, найдем векторы среднеквадратических отклонений σ и коэффициенты вариации C_v :

$$\sigma = (9.58 \quad 9.47 \quad 9.59 \quad 8.67 \quad 9.56 \quad 9.49),$$

$$C_v = (0.95 \quad 0.89 \quad 0.99 \quad 1.35 \quad 0.88 \quad 0.87)$$

Матрица A позволяет детально проследить динамику изменения вероятностей обнаружить волокна в том или ином состоянии в процессе движения продукта в зоне чесания. Для этого в качестве начального состояния зададим вектор $(1,0,0,0,0,0)$ и, последовательно многократно умножая его на матрицу A , получим цепочку вероятностей, которая показывает, как динамически меняются вероятности обнаружить волокно в каждом из состояний во времени. На рис. 3 видно, как эти вероятности состояний меняются со временем. Это позволяет оценить продолжительности переходных режимов для каждого из состояний. Вероятности состояний 1 – 6 стремятся к нулю, а седьмого состояния – к единице.

Данное описание разработано для одного узла валичной чесальной машины. Однако, как известно, на валичных машинах может быть большое число идентичных узлов (до десяти). Для того чтобы просчитать время движения волокна по всей машине, можно использовать два варианта оценки.

В первом варианте следует рассмотреть общее число состояний для всех возмож-

ных узлов и воспользоваться описанной методикой анализа. Такой подход не очень удобен, т.к. резко возрастают число состояний и размер матрицы, а точность вычислений уменьшается. При втором варианте оценивается лишь вектор вероятностей конечных состояний волокон для одного узла, а затем выполняется анализ для следующего узла с использованием этого вектора как стартового. Далее эта процедура последовательно применяется ко всем узлам.

Первый вариант расчета может оказаться более быстрым, чем второй, однако второй подход является более простым и легче поддается проверке и интерпретации результатов.

ВЫВОДЫ

Предложенное использование модели дискретного марковского процесса для анализа статистической динамики позволяет рассчитать основные характеристики переходного режима в рабочем узле валичной чесальной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашин Н.М. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса кардочесания волокнистых материалов: дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1979.

2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 344 с.

3. Разумеев К.Э., Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Байчоров Т.М. Повышение эффективности выравнивания и смешивания на кардочесальных машинах с использованием вероятностных факторов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №4(382). С. 80...83.

4. Борзунов И.Г. Вопросы кардочесания и совершенствования чесальных машин, способствующих созданию поточных линий в прядении хлопковых и химических волокон. М.: Легкая индустрия, 1966. 71 с.

5. Будников И.В., Канарский Н.Я., Раков А.П. Основы прядения. М., Л.: Государственное научно-техническое издательство текстильной, легкой и полиграфической промышленности, 1948. 355 с.

6. Механическая технология текстильных материалов / под ред. А.Г. Севостьянова. М.: Легпромбытиздат, 1989. 508 с.

7. Севостьянов П.А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание,

дискретизация, штапелирование, кручение, намотка, перемотка. М.: Клуб Печати, 2021.

8. Владимиров Б.М. и др. Влияние процесса чесания на обрывность в пневмопрядении // Текстильная промышленность. 1972. №1. С. 26...29.

9. Лежебрух Г.О. Методы расчета допустимого повышения производительности валичных чесальных машин. М., 1968.

10. Севостьянов А.Г., Завилевич М.Л. Матричный метод расчета динамики смешивания в процессе кардочесания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1966. №1. С. 46...54.

REFERENCES

1. Ashnin N.M. Theoretical and experimental study of the carding process of fibrous materials. Dissertation of the Doctor of Technical Sciences. L., 1979. 474 p.

2. Sevostyanov A.G., Sevostyanov P.A. Modeling of technological processes (in the textile industry). M.: Light and food industry, 1984. 344 p.

3. Razumeev K.E., Sevostyanov P.A., Samoylova T.A., Baychorov T.M. Improving the efficiency of leveling and mixing on cardocal machines using probabilistic factors // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 4(382). Pp.80-83.

4. Borzunov I.G. Issues of carding and improvement of carding machines that contribute to the creation of production lines in the spinning of cotton and chemical fibers. Moscow: Light industry, 1966. 71 p.

5. Budnikov I.V., Kanarsky N.Ya., Rakov A.P. Fundamentals of spinning. M., L.: State Scientific and Technical Publishing House of Textile, Light and Printing Industry, 1948. 355 s.

6. Mechanical technology of textile materials / Edited by Doctor of Technical Sciences A.G. Sevostyanov. M.: Legprombytizdat, 1989. 508 p.

7. Sevostyanov P.A. Dynamics and models of the main spinning processes: loosening, cleaning, mixing, carding and combing, stretching, sampling, stapling, torsion, winding, rewinding. Moscow: Club-Press, 2021. 591 p.

8. Vladimirov B.M. et al. The influence of the carding process on the breakage in pneumatic spinning / Vladimirov B.M., Pavlova Z.V., Shirokov V.P. // Textile industry. 1972. No. 1. Pp.26-29.

9. Lezhebrukh G.O. Methods for calculating the permissible increase in the productivity of roller carding machines. M., 1968.

10. Sevostyanov A.G., Zavilevich M.L. Matrix method for calculating the dynamics of mixing in the carding process // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1966. No. 1. Pp. 46-54.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 16.03.23.

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ERP-СИСТЕМ
В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАЗАХСТАНА**

**IMPORTANCE OF INFORMATION TECHNOLOGY
IN TEXTILE INDUSTRY OF KAZAKHSTAN**

*A.З. ЖОЛШИЙЕВА, Ж.Д. ИЗТАЕВ, Ж.У. НЫШАНБАЕВА, М.М. МЕДЕТБЕКОВ,
С.С. МОМБЕКОВА, М.М. ТУРГАНБЕКОВА*

*A.Z. ZHOLSHIYEVA, ZH.D. IZTAYEV, ZH.U. NYSHANBAYEVA, M.M. MEDETBEKOV,
S.S. MOMBEKOVA, M.M. TURGANBEKOVA*

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

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

E-mail: san.mom@inbox.ru

Текстиль и одежда играют важную роль в экономике Казахстана и его интеграции в мировой хозяйственный оборот. Участие в глобальных сетях и глобальных производственно-сбытовых цепочках может помочь модернизации и улучшению экономических показателей предприятий текстильной и швейной промышленности республики. Для этого предприятиям необходимо внедрять современные ERP системы. Показан опыт внедрения данных систем на предприятии "АЛТЭК".

The textile and clothing industry makes up the bulk of production, employment and trade in many developing countries. This article explores the importance of the IT industry in growth and development strategies in Kazakhstan. We will look at the social aspects and describe the importance of textiles and clothing in income, employment and growth and the development strategy of Kazakhstan.

Textiles and clothing play an important role in the development and industrialization process of countries and their integration into the world economy. Participation in global networks and global value chains can help modernize and improve economic performance.

Industrial modernization of the garment industry is primarily associated with the transition from assembly to complete production, which changes the relationship between the buyer and the supplier in a direction that gives much more autonomy and learning potential for industrial modernization of the manufacturer. From this follows vertical integration, as well as the impact on ERP governance structures and the balance of power in favor of producers.

Ключевые слова: информационные технологии, текстильная промышленность, мониторинг, контроль качества, управление производством.

Keywords: information technology, industries, industry, monitoring, quality control, latest technologies, communication network, corporate customers, merchandising.

Информационная технология (ИТ) – это процессы, использующие совокупность

средств электронного ввода, хранения и вывода, передачи и получения данных и

информации. Она играет важную роль в современном деловом мире. Сегодня информационные технологии стали неотъемлемой частью текстильной промышленности в Казахстане. Многие предприятия текстильной промышленности используют ERP (Enterprise resource planning). ERP – это тип программной системы, которая помогает организациям автоматизировать основные бизнес-процессы и управлять ими для достижения оптимальной производительности [1].

ERP-системы теперь стали не только внутриорганизационными, но также межорганизационными. Все импортные закупки осуществляются через ERP-системы, и недавно многие покупатели подтолкнули поставщиков к обновлению функции в этих системах, чтобы покупатель мог каждый день получать доступ к статусу своих заказов, сидя в офисе своей страны. На сегодняшний день текстильные компании используют множество решений в области информационных технологий, включая управление цепочками поставок (УЦП), планирование потребности в материалах (ППМ), хранение данных, электронную коммерцию и электронную торговлю. Цель состоит в том, чтобы сделать обработку информации, обработку заказов и распределение продуктов более эффективными. УЦП является базовой ИТ-системой. УЦП – это управление материалами и информацией, когда они перемещаются от поставщиков к производителю, розничному продавцу и потребителю. Оно включает в себя использование информационных технологий для формирования стратегических альянсов между всеми компаниями-участниками в цепочке поставок. Главной целью УЦП является ускорение обмена данными между компаниями, сокращение складских запасов и более эффективное обслуживание клиентов в целом [2]. Глобализация вынуждает производителей текстиля использовать информационные технологии на протяжении всего цикла производства текстиля – от хлопка до готовой одежды. ИТ – это не только важные, но и необходимые инструменты для ведения бизнеса. Там, где нам нужны дан-

ные/информация в режиме реального времени, мы не можем ничего придумать без ИТ-приложений.

Структура текстильной промышленности делится на прядильное, ткацкое и отделочное производство. Распределение текстильных и швейных производств Казахстана по регионам по данным [3, 4] представлено на рис. 1.

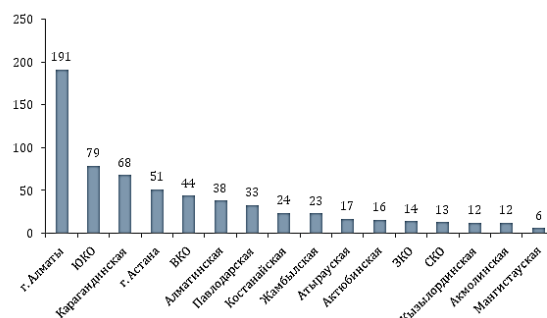


Рис. 1

В текстильной промышленности Казахстана действуют 7 крупных и средних предприятий. Выращивание хлопка традиционно осуществляется в Южно-Казахстанской области, где расположены основные предприятия по переработке хлопка-сырца. Наиболее крупные предприятия текстильной промышленности – корпорация "Textiles.kz" (АО "Ютекс"/АО "Меланж") и ТОО "SouthTextiline.kz" – перерабатывают 18,8 тыс. тонн хлопкового волокна в год. При этом среди натуральных текстильных волокон хлопок составляет самую большую группу по объему производства в стране. В этих компаниях используется новейшее оборудование известных фирм Швейцарии, Германии, Италии (Rieter, Benninger, LTG Air Engineering, Domier, Thies Monforts, Savio) с выпуском конкурентоспособной продукции (суровых и готовых х/б тканей) из местного сырья. Экспорт продукции осуществляется в Россию, Украину, Беларусь, Литву, Польшу, Португалию, Турцию, Германию, Бельгию и Италию. Производством пряжи хлопчатобумажной, кроме ниток швейных, занимаются 4 крупных предприятия: АО "Меланж", АО "Ютекс", ТОО "SouthTextilinekz", ТОО "OxiTextile".

Эти крупные текстильные компании уже внедрили ИТ в различных формах. Они используют оборудование с системами автоматического контроля многих параметров процесса, позволяющими осуществлять как мониторинг производства, так и мониторинг и контроль качества продукции. Кроме того, эти компании применяют ERP-системы на различных этапах производства.

Основные причины, по которым компании выбирают ERP:

- объединяет финансовую информацию;
- интегрирует информацию о заказе клиента;
- стандартизирует и ускоряет производственные процессы;
- стандартизирует информацию о людских ресурсах;
- помогает повысить производительность и уровень качества.

Хотя некоторые компании используют ИТ-технологии в значительных количествах, их проникновение в казахстанскую текстильную и швейную промышленность намного ниже их потенциала. Недавно АО "Ютекс" провело исследование, в ходе которого была собрана информация от 75 малых и средних текстильных и швейных предприятий (МСП) об использовании ИТ.

Области, в которых ИТ широко используются, – это затраты, сырье, производство и контроль качества. Около 75% прядильных производств применяют ИТ-пакеты для калькуляции затрат, финансового управления, 66% – для мониторинга и контроля производства, около 54% – для управления сырьем и около 51% – для функций УПЦ. Для ткацких производств процент использования ИТ составляет около 57%, для отделочных – 62%. Среди крупных предприятий полного цикла, имеющих в своем составе все виды цехов, более 85% применяют ИТ для управления затратами и финансами, а 82% – для мониторинга и контроля производства.

Среди МСП существует мнение, что системы ERP очень дороги, поэтому они не могут их использовать. Взаимодействие с турецкими разработчиками программного обеспечения показывает, что многие

компании в настоящее время предлагают ERP-пакеты, ориентированные на текстильную промышленность, по более низкой цене по сравнению с другими европейскими и американскими компаниями.

Особенность современного взаимодействия с крупными заказчиками заключается в том, что покупателям требуется автоматизация размещения и отслеживания статуса заказа, поэтому компании, которые не смогут предоставить эту возможность, будут иметь существенный недостаток. Это явление иногда называют "цифровой пропастью", которая отличает тех, кто имеет доступ к передовым компьютерным технологиям, от тех, кто этого не имеет. Когда поставщики могут общаться по всему миру в режиме реального времени, время незавершенного производства (НЗП) значительно сокращается.

ERP-система содержит следующие модули:

- финансовый учет;
- планирование производства;
- управление материальными ресурсами;
- техническое обслуживание оборудования;
- управление качеством;
- внутренние и экспортные продажи;
- управление людскими ресурсами;
- запасы – сырье, готовая продукция.

Цепочки поставок большинства производителей одежды теперь охватывают весь земной шар, и множество рук прикасаются к одежде, прежде чем она попадет к потребителю. При этом необходима координация действий отдельных подразделений или поставщиков в определении характеристик и сроков поставки продукта. Если информация не является точной на 100%, продукты не соответствуют ожиданиям клиентов или поступают слишком поздно к запланированному сезону, это может привести к значительным уценкам, чтобы ликвидировать запасы до поступления продуктов следующего сезона.

Приведем пример эффективного использования ИТ-технологии компанией "АЛТЭКС", которая успешно работает на рынке Казахстана с 1993 года. Компания производит все виды трикотажной одежды

для взрослых и детей. Все изделия являются собственными разработками предприятия и имеют зарегистрированный товарный знак. Компания работает также с корпоративными заказчиками, для которых изготавливает рекламную продукцию с логотипом компании. Компания является разработчиком и производителем трикотажных изделий для школьников с 1 по 11 класс. В ассортимент продукции входят: жилеты, жакеты и джемпера для мальчиков; сарафаны, юбки, жилеты и джемпера для девочек. Компания выпускает школьную форму серийно, а также индивидуально с учетом физиологических особенностей ребенка.

Основные направления деятельности ТОО "АЛТЭКС":

- изготовление моделей трикотажной одежды на внутренний и внешний рынок из высококачественного натурального сырья;
- изготовление на заказ рекламной продукции (джемпера, жилеты, шарфы и т.д.);
- изготовление трикотажной форменной одежды большими партиями для охранных агентств и силовых структур;
- изготовление трикотажной школьной формы;
- изготовление корпоративной одежды с учетом всех пожеланий заказчика.

В основном компания решает следующие процессы в электронном виде:

- управление заказами,
- закупки;
- производство цеха;
- доставка;
- финансы и человеческие ресурсы.

Использование ERP помогло облегчить работу по эффективному сотрудничеству в конкурентной глобальной среде. Продавцы могут до решения о закупке партии разместить заказ на получение прототипа, мерчендайзеры используют историческую информацию по аналогичным спецификациям, ткани и аксессуарам для предварительного расчета себестоимости и цены изделия. Это позволяет формировать новый заказ на базе имеющегося прототипа, который затем извлекается из базы данных для быстрого изменения и разработки лекал новой модели. Затем генерируются образцы для дальнейших продаж.

Система ERP позволяет различным отделам и покупателям одновременно обмениваться информацией и обновлять ее через интернет. Весь процесс происходит параллельно, что повышает эффективность коммуникации для всех подразделений, таких, как отделы продаж, мерчендайзинга, закупок, технического проектирования, производственные цеха и склад готовой продукции. Если, например, конструктор изменяет измерение образца, то детали изменения становятся доступными для всех, кому необходимо это знать. Это экономит затраты времени на разработку прототипа, цикл разработки продукта, и оборот образцов происходит быстрее, чем у предприятий, использующих традиционный метод.

Во время внедрения ERP-системы компания "АЛТЭКС" организовала интенсивную программу обучения для персонала и рабочих всех уровней. Первоначально наблюдалось некоторое сопротивление со стороны рабочих, таких, как операторы швейных машин, поскольку им пришлось изменить свою систему работы (введение штрих-кода для каждой партии и считывание карточек с помощью считывателей штрих-кодов после завершения каждой партии). После прохождения программы обучения подобные проблемы были устранены.

Приведенный пример свидетельствует об успешном применении IT-технологий. Следовательно, казахстанские текстильные и швейные компании имеют большое будущее при условии, что они будут оснащены новейшим технологическим оборудованием и системами ERP.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилова Н.Л., Салкуцан С.В., Болсуновская М.В., Горелова А.Е., Васильев Д.А. Отдельные аспекты PLM-систем для создания цифровых фабрик в швейной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 4(376). С. 103...106.
2. Корнилова Н.Л., Карева Т.Ю., Болсуновская М.В., Бойков А.В. Исследование методов моделирования производственных процессов на швейном производстве // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2021. № 3. С. 91...95.

3. <https://kazdata.kz/04/2014-12-kazakhstan-production-textile.html>

4. <https://atameken.kz/uploads/content/files/>

REFERENCES

1. Kornilova N.L., Salkutsan S.V., Bolsunovskaya M.V., Gorelova A.E., Vasiliev D.A. Some aspects of PLM-systems for creating digital factories in the garment industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. № 4(376). P. 103-106.

2. Kornilova N.L., Kareva T. Ju., Bolsunovskaja M.V., Bojkov A.V. Research of methods for modeling produc-

tion processes at sewing production // Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and technical sciences. 2021. No. 3. P. 91-95.

3. <https://kazdata.kz/04/2014-12-kazakhstan-production-textile.html>

4. <https://atameken.kz/uploads/content/files/>

Рекомендована кафедрой информационно-коммуникационных технологий Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова. Поступила 06.04.23.

УДК 677.054.89:004.94

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_196

НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА СРОКОВ РЕМОНТА ТКАЦКИХ СТАНКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОМ ДИАГНОСТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ

FUZZY MODELING FORECASTING THE REPAIR TIME OF LOOMS UNDER OPERATIONAL DIAGNOSTIC CONTROL

В.В. СИГАЧЕВА, И.Е. МЕНЯЙЛО

V.V. SIGACHEVA, I.E. MENYAILO

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

(Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: sigacheva2006@mail.ru

Разработано программное обеспечение, позволяющее определять срок проведения ремонта ткацкого станка методами нечеткого моделирования в программной среде MATLAB. Программное обеспечение оценивает степень износа механизмов ткацкого станка по рассчитанным параметрам среднеквадратичного отклонения информационного сигнала с трехосевого акселерометра системы диагностирования ткацкого станка.

The software that makes it possible to determine the repair term of a loom using fuzzy modeling methods in the "MATLAB" software environment has been developed. The software estimates the degree of loom mechanisms wear according to the calculated parameters of the standard deviation of the information signal from the three-axis accelerometer of the loom diagnosing system.

Ключевые слова: ткацкий станок, техническое состояние, диагностирование, датчик, параметры вибрации, среднеквадратичное отклонение, информационный блок, модуль связи, программное обеспечение.

Keywords: loom, technical condition, diagnostics, sensor, vibration parameters, standard deviation, information block, communication module, software.

Введение

Механизмы ткацких станков, используемые для производства сушильной сетки бумагоделательных машин, часто подвергаются повышенной вибрации, что приводит к быстрому износу оборудования и нарушению технологического процесса. Повышенная вибрация оборудования отражает техническое состояние ткацкого станка и может давать информацию о необходимости ремонта [1].

Основной задачей поддержания работоспособности ткацкого станка является определение его технического состояния на ранних стадиях образования неисправностей и обеспечение требуемого ремонта [2], [3].

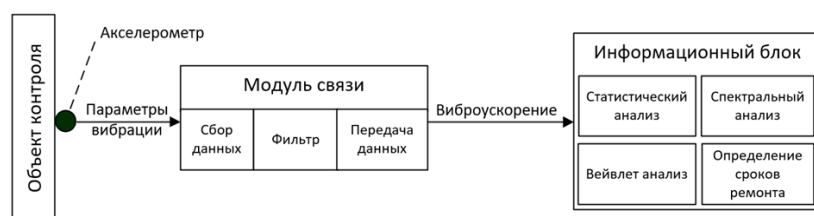


Рис. 1

Принцип действия системы диагностики основан на измерении виброускорения объекта контроля с помощью трехосевого датчика вибрации (акселерометра). Данные от акселерометра передаются в цифровом виде в модуль связи, выполняющий функции сбора данных, обработки данных (фильтрации) и передачи параметров виброускорения в информационный блок. Информационный блок считывает полученные данные, обрабатывает их и выполняет функции по определению технического состояния ткацкого станка с последующим представлением результатов [7]. На экране информационного блока отображаются сигналы вибрации в графическом и табличном виде по каждой из осей X, Y и Z датчика с заданной чувствительностью.

Программное обеспечение информационного блока позволяет проводить оценку технического состояния ткацкого станка и в зависимости от состояния узлов устанавливать сроки ремонта определенного ткацкого станка, используя модель, основанную на нечеткой логике. Основные методы оценки технического состояния ткацких

Разработка системы диагностирования ткацкого станка представлена в работах [4], [5].

Методы исследования

Система диагностирования позволяет определять техническое состояние ткацкого станка по вибрационным показателям, используя трехосевой датчик вибрации, основанный на пьезоэффекте, модуль связи [6], выполненный в виде контроллера сбора данных, и информационный блок, осуществляющий расчет диагностических показателей и представление результатов оператору. Структурная схема системы диагностирования ткацкого станка показана на рис. 1.

станков по вибрации: статистический анализ амплитудно-частотного спектра, спектральный анализ и вейвлет-анализ.

Статистический анализ амплитудно-частотного спектра описывает общее техническое состояние контролируемых ткацких станков по значению изменяющейся амплитуды вибрации и частоте этих значений, выходящих за величины, характеризующие работоспособное состояние механизмов ткацкого станка. Данный метод определяет общую оценку состояния ткацкого станка и указывает на необходимость дополнительной проверки механических узлов ткацкого станка.

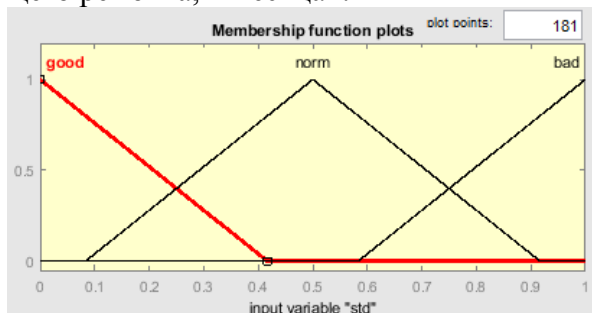
Следующий метод оценки технического состояния ткацкого станка основан на проведении спектрального анализа информационных сигналов с помощью Фурье-преобразования [8]. Для определения скрытых дефектов ткацких станков, которые не были распознаны предыдущими методами, используется вейвлет-анализ [9].

Для решения задачи технического обслуживания (ремонта) ткацких станков в программном обеспечении информационного блока реализована функция опреде-

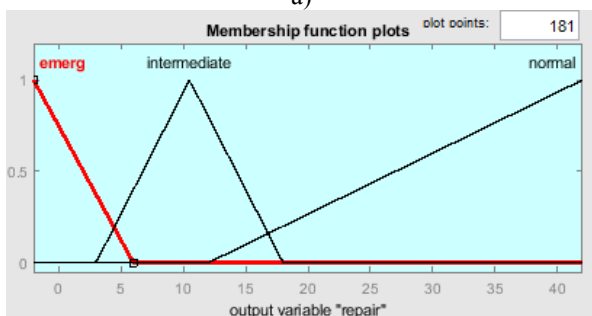
ления сроков ремонта ткацкого станка. Реализуется задача проведения ремонта "по потребности" с коррекцией установленных опытно-эксплуатационным путем последовательных сроков планово-предупредительного ремонта (ППР), включающего: текущий, средний и капитальный ремонт ткацких станков [10], [11].

Прогнозирование сроков проведения следующего ремонта основано на обработке диагностических показателей, рассчитанных по среднеквадратическому отклонению реальных информационных сигналов. Для оценки сроков ремонта ткацкого станка используется программный пакет "Fuzzy Toolbox" в среде Matlab.

Программа позволяет проводить оценку технического состояния и сроки проведения следующего ремонта ткацкого станка с использованием нечеткого моделирования [12]. Для этого произведена настройка входных переменных нечеткой системы согласно полученным параметрам среднеквадратического отклонения, рассчитанного по сигналам вибрации от трехосевого акселерометра. Далее установлено соотношение значений среднеквадратического отклонения с выходным значением, определяющим срок проведения следующего ремонта, в месяцах.



a)



б)

Рис. 2

Пример соотношения значений среднеквадратического отклонения и выходных значений представлен на рис. 2.

На рис. 2, а изображены соотношения функций принадлежности среднеквадратического отклонения сигналов ускорения, отражающие состояние ткацкого станка. Диапазоны среднеквадратического отклонения включают три вида: "хорошее", "нормальное" и "плохое". Ось абсцисс определяет значение среднеквадратического отклонения, ось ординат – значение функции в заданном диапазоне.

На рис. 2, б изображены выходные значения функции. Выходные значения описывают диапазоны сроков ремонта ткацкого станка в месяцах и имеют три состояния: "аварийное", "среднее" и "нормальное", где значения, близкие к 36 месяцам, определяют ткацкий станок как технически исправный, ремонт которого необходимо провести через 3 года.

В связи с этим для сопоставления соотношений входных (значения среднеквадратического отклонения) и выходных (количество месяцев) значений необходимо построить зависимость диапазонов среднеквадратического отклонения относительно сроков проведения ремонта ткацкого станка и задать правила, отраженные в базе правил (рис. 3), по которым будут определяться рекомендованные сроки ремонта с учетом технического состояния оборудования.

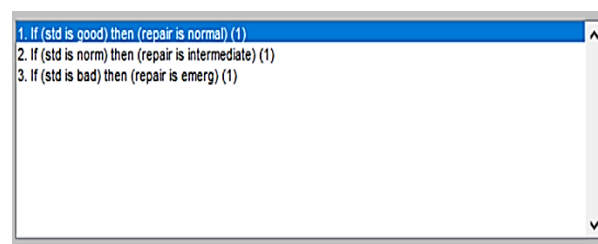


Рис. 3

Таким образом, полученная система позволяет определять время, через которое необходимо проверять оборудование и проводить соответствующий ремонт, в соответствии с текущим значением среднеквадратического отклонения виброускорения.

Результаты и обсуждения

Работа функции определения сроков ремонта ткацкого станка представлена на рис. 4 и 5.

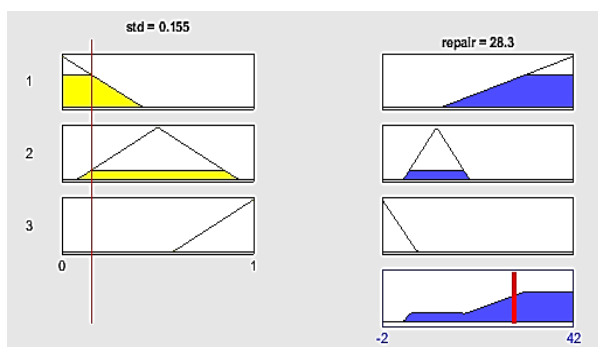


Рис. 4

Рис. 4 показывает текущее состояние ткацкого станка, согласно которому можно сделать вывод о необходимости проведения ремонта оборудования через 28 месяцев. В данном случае значение среднеквадратичного отклонения составляет 0,155, что соответствует низкому износу оборудования и, следовательно, состоянию нормальной эксплуатации узлов ткацкого станка.

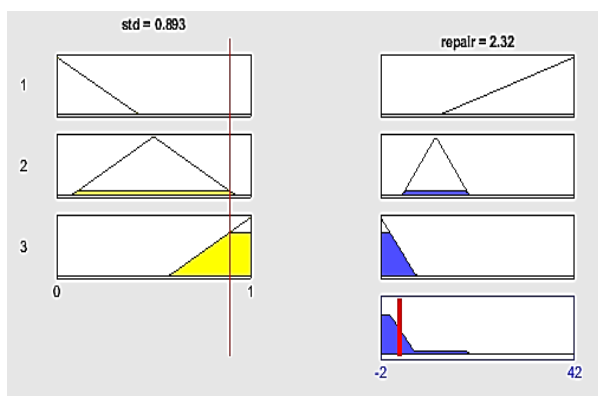


Рис. 5

Рис. 5 показывает нечеткий вывод программы при повышенных значениях параметров вибрации, при которых среднеквадратичное отклонение составляет 0,893. В данном случае срок проведения ремонта составляет около двух месяцев, что соответствует повышенному износу узлов ткацкого станка, характеризующемуся высоким уровнем вибрации.

ВЫВОДЫ

Таким образом, разработано программное обеспечение информационного блока, позволяющее проводить:

- считывание и отображение параметров вибрации с модуля связи, подключенного к трехосевому акселерометру;
- статистический анализ амплитудно-частотного спектра для определения износа станка;
- спектральный и вейвлет-анализы полученных параметров вибрации;
- прогнозирование сроков проведения ремонта ткацкого станка с использованием нечеткого моделирования.

Возможность оперативного определения сроков ремонта ткацкого станка позволяет осуществить своевременный внеплановый ремонт или подготовиться к нему, что предотвращает возможные простои технологического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусаков А.В., Могильный А.Н., Попов Л.Н., Привалов С.Ф. Производство технических сукон и сеток. СПб.: Недра, 1999.
2. Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. М.: Машиностроение, 1996.
3. Балицкий Ф.Я., Барков А.В., Баркова Н.А. и др. Вибродиагностика // Неразрушающий контроль / под ред. В.В. Клюева. Т. 7. Кн. 2. М.: Машиностроение, 2005.
4. Меняйло И.Е., Сигачева В.В. Разработка программного обеспечения встроенной системы диагностирования ткацкого станка // Сб. науч. тр. по итогам международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения профессора В.Е. Зотикова. М., 2022. С. 38...43.
5. Сигачева В.В., Меняйло И.Е. Диагностирование и разработка системы эксплуатационного мониторинга ткацкого станка для производства сушильных сеток // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2. С. 237...242.
6. Свидетельство 2022664794. Программа модуля связи трехосевого акселерометра с информационным блоком: программа для ЭВМ / И.Е. Меняйло, В.В. Сигачева (RU); правообладатель ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна". № 2022664065; заявл. 25.07.22; опубл. 04.08.2022.
7. Сигачева В.В., Меняйло И.Е. Система диагностирования ткацкого станка для бумагоделательных сеток с определением диагностических параметров вейвлет-анализом 3-D ускорений // Изв.

вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6. С. 160...165.

8. *Schwarzfischer F., Kurtenbach S., Onischke J., Corves B.* Design and Development of a Heddle Shaft Mechanism for Air-Jet Weaving Machines. Part of the Mechanisms and Machine Science book series (Mechan. Machine Science, volume 44), 03 August 2016, 23-28 pp.

9. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. М.: ДМК Пресс, 2005. 304 с.

10. *Худых М.И.* Ремонт и монтаж оборудования текстильной и легкой промышленности. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Легпромбытиздат, 1987. 304 с.

11. *Gunerkar R.S., Jalan A.K.* Classification of Ball Bearing Faults Using Vibro-Acoustic Sensor Data Fusion // Experimental Techniques. 8 April 2019. 9 p.

12. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.: ил.

REFERENCES

1. *Gusakov A.V., Mogil'nyy A.N., Popov L.N., Privalov S.F.* Proizvodstvo tekhnicheskikh sukoni i setok. SPb.: Nedra, 1999.

2. *Shirman A.R., Solov'ev A.B.* Prakticheskaya vibrodiagnostika i monitoring sostoyaniya mekhanicheskogo oborudovaniya. M.: Mashinostroenie, 1996.

3. *Balitskiy F.Ya., Barkov A.V., Barkova N.A. i dr.* Vibrodiagnostika // Nerazrushayushchiy kontrol' / pod red. V.V. Klyueva. T. 7. Kniga 2. M.: Mashinostroenie, 2005.

4. *Menyailo I.E., Sigacheva V.V.* Razrabotka programmnogo obespecheniya vstroennoj sistemy diagnostirovaniya tkackogo stanka // Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya, posvyashchyonnaya 135-letiyu so dnya rozhdeniya professor V.E. Zotikova. M., 2022. №2. 38-43 s.

5. *Sigacheva V.V., Menyailo I.E.* Diagnostirovanie i razrabotka sistemy ekspluatatsionnogo monitoringa tkackogo stanka dlya proizvodstva sushil'nyh setok // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya

Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. №2. S. 237...242.

6. Svidetel'stvo 2022664794. Programma modulya svyazi trekhosevogo akselerometra s informatsionnym blokom: programma dlya EVM / I.E. Menyajlo, V.V. Sigacheva (RU); pravoobladatel' FGBOUVO "Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet promyshlennykh tekhnologij i dizajna". № 2022664065; zayavl. 25.07.22; opubl. 04.08.2022.

7. *Sigacheva V.V., Menyailo I.E.* Sistema diagnostirovaniya tkackogo stanka dlya bumagodelatel'nyh setok s opredeleniem diagnosticheskikh parametrov vejjvet-analizom 3-D uskorenij // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. №6. S. 160-165.

8. *Schwarzfischer F., Kurtenbach S., Onischke J., Corves B.* Design and Development of a Heddle Shaft Mechanism for Air-Jet Weaving Machines. Part of the Mechanisms and Machine Science book series (Mechan. Machine Science, volume 44), 03 August 2016, 23-28 pp.

9. *Smolencev N. K.* Osnovy teorii vejjvetov. Vejjvety v MATLAB. M.: DМК Press, 2005. 304 s.

10. *Khudykh M.I.* Remont i montazh oborudovaniya tekstil'noj i legkoj promyshlennosti. 3-e izd., pererab. i dop. M.: Legprombytizdat, 1987. 304 s.

11. *Gunerkar R.S., Jalan A.K.* Classification of Ball Bearing Faults Using Vibro-Acoustic Sensor Data Fusion // Experimental Techniques. 8 April 2019. 9 p.

12. *Leonenkov A.V.* Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzy TECH. SPb.: BHV-Peterburg, 2005. 736 s.: il.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. Поступила 24.04.23.

УДК 331.45

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_201

**ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КИРПИЧНЫХ НАРУЖНЫХ СТЕН
ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****OPERATIONAL SAFETY OF BRICK EXTERIOR WALLS
OF TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES***Е.А. КОРОЛЬ¹, Ю.О. КУСТИКОВА¹, А.В. ШЕНБЕРЕВА²**E.A. KOROL¹, Y.O. KUSTIKOVA¹, A.V. SHENBEREVA²*

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
²Ивановский государственный политехнический университет)

¹Moscow State University of Civil Engineering,
²Ivanovo State Polytechnic University)

E-mail: yulia.kustikowa@yandex.ru

В результате визуального и инструментального обследования зданий предприятий текстильной промышленности возможно своевременное выявление видимых и скрытых дефектов наружных стен. Одновременно определяют места расслоения кладки, скрытые дефекты и зоны их распространения. Это позволяет обеспечивать безопасную эксплуатацию таких зданий. С помощью неразрушающих методов контроля качества кирпичной кладки устанавливают фактическую прочность наружных стен. Кроме того, ведется мониторинг изменения физико-механических свойств кирпича и раствора во времени. Наиболее достоверно прочностные характеристики кладки стен целесообразно определять комплексно-механическими и физическими неразрушающими методами испытаний. Результаты такого исследования стен позволяют прогнозировать безопасный срок их эксплуатации. Параллельно с натурными обследованиями конструкций для зданий текстильной промышленности, имеющих длительный срок эксплуатации в специфических условиях производственной внутренней среды и сформированных в ней условиях микроклимата, проводят историко-архитектурные исследования архивных документов и соответствующих нормативных требований в период возведения этих зданий. В целом на протяжении всего периода эксплуатации наружные стены из кирпича сохраняют свои эксплуатационные качества и могут безаварийно продолжать работу в конструктивной системе здания. С течением времени деградационные процессы могут нарастать, поэтому требуется вести мониторинг и оценку технического состояния несущих и ограждающих конструкций.

As a result of visual and instrumental inspection of buildings of textile industry enterprises it is possible to detect visible and latent defects of exterior walls in a timely manner. At the same time the places of masonry delamination, latent defects and zones of their spreading are determined. This makes it possible to ensure the safe operation of such buildings. With the help of non-destructive quality control methods of masonry the actual strength of the outer walls is established. In addition, the changes in the physical and mechanical properties of bricks and mortar over time are monitored. It is most reliable to determine the strength characteristics of masonry walls in a comprehensive way - by mechanical and physical non-destructive testing methods. The results of such examination of the walls make it possible to predict their safe service life. Alongside with on-site inspections of constructions for textile industry buildings which have a long period of exploitation in specific conditions of industrial indoor environment and microclimate conditions formed in it, historical and architectural researches of archive documents and the relevant normative requirements during the period of erection of these buildings are carried out. In general, during the entire period of operation the brick exterior walls retain their performance qualities and can continue to operate without failure in the structural system of the building. Over time, degradation processes can increase, so it is necessary to monitor and evaluate the technical condition of the load-bearing and enclosing structures.

Ключевые слова: кирпичная кладка, здания предприятий, текстильная промышленность, прочностные характеристики, наружные стены.

Keywords: masonry, enterprise buildings, textile industry, strength characteristics, exterior walls.

Введение

Проектирование и строительство предприятий, зданий и сооружений текстильной промышленности имеют многолетнюю историю. Первая половина XIX века характеризуется постепенным переходом от строительства деревянных зданий к возведению производственных корпусов из камня, кирпича и чугуна. Например, первоначально трикотажные производства размещали в небольших приспособленных одно- и двухэтажных зданиях иного функционального назначения. Позднее возводили и многоэтажные здания в 3–5 этажей (рис. 1) с несущими кирпичными стенами с большим запасом прочности, чугунными или кирпичными колоннами с пролетами 5...6,5 м и шагами 3...3,5 м [1].

Поскольку предприятия текстильной промышленности так же, как швейной, кожевенной, меховой и обувной, относятся к предприятиям легкой промышленности, они подчиняются общим правилам строительного проектирования [2]. Эти указа-

ния, действующие на протяжении последних пятидесяти лет, а также предыдущие (СН 122-60) позволяют судить о проектных решениях действующих предприятий в соответствии с годом их постройки и введением в эксплуатацию.



Рис. 1

Основными объемно-планировочными и конструктивными решениями таких зданий предусмотрена каркасная система с

сеткой колон 12×6 м, 18×12 м или 18×6 м в зависимости от основного назначения зданий. Большинство ограждающих конструкций наружных стен, выполненных из кирпича (рис. 2), за годы эксплуатации подвергались не только длительным силовым нагрузкам, но и температурно-влажностным воздействиям, вследствие которых происходило изменение их прочностных и деформативных характеристик и таких важных физико-механических свойств, как теплопроводность, морозостойкость, водопоглощение. При проведении периодических осмотров и инструментальных обследований наружных стен из кирпича установлено, что они сохранили в целом свои эксплуатационные качества и могут безаварийно продолжать работу в конструктивной системе здания. Однако с течением времени деградационные процессы могут нарастать, поэтому требуется проводить мониторинг и оценку технического состояния несущих и ограждающих конструкций.



Рис. 2

Одной из особенностей кирпичных стен является сочетание в кладке двух материалов с различными физико-механическими характеристиками, что при проведении их обследования создает дополнительные сложности, связанные с необходимостью определять прочностные показатели как самого кирпича, так и раствора [3], [4]. Методологические основы исследований работы каменной кладки под нагрузкой, разработанные ведущими учеными и специалистами в данной области [5], использованы для подготовки нормативных документов и методических пособий.

Большинство исследований [5], [6] и требования норм (табл. 2 СП 15.13330.2012) свидетельствуют, что в прочности на сжатие кладки прочность камня более значима, чем прочность растворного шва. Однако изменение свойств растворного шва влияет на прочность кладки в целом и подлежит определению в том же порядке, как и самого кирпича.

В ряде исследований всесторонне изучена работа кладок из различных видов кирпичей в целом и не верифицирована работа камня и раствора по отдельности [7]. Практически все исследования выполняются в лабораторных условиях на изготовленных фрагментах кладки, что зачастую не позволяет идентифицировать их с натурными условиями и проследить изменения свойств во времени.

Методы исследования

Согласно действующим в России нормативным документам прочность керамического кирпича на сжатие может быть определена только испытанием образцов, отобранных непосредственно из тела кладки. Испытания выполняются по требованиям ГОСТ Р 58527-2019 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе». Стандарты, регламентирующие применение методов неразрушающего контроля (НК) для кирпича, в нашей стране ограничены действующим ГОСТ 24332-88 «Кирпич и камни силикатные. Ультразвуковой метод определения прочности при сжатии», который описывает требования к выполнению ультразвукового контроля прочности только для силикатного кирпича.

Особенностью предприятий текстильной промышленности является наличие производственных цехов с различной степенью агрессивности среды – неагрессивной, слабой, средней и сильно агрессивной. Согласно требованиям [2] в качестве ограждающих конструкций производств с агрессивными средами может быть применен только кирпич глиняный обыкновенный со следующими характеристиками:

- марка по прочности на сжатие должна быть не менее 100;
- водопоглощение – не более 10%;

- марка по морозостойкости кирпича для внешней части кладки наружных стен (на глубину 12 см) в зданиях:
 - с влажным режимом – не менее Мрз 35;
 - с мокрым режимом – не менее Мрз 50;
- марка по морозостойкости кирпича для внутренней части кладки – не менее Мрз 25.

Применение глиняного кирпича полусухого прессования, а также силикатного кирпича не допускается. Растворы для кладки должны назначаться стойкими к агрессивной среде.

В помещениях с агрессивными средами и высокой влажностью воздуха внутренние поверхности наружных кирпичных стен и перегородки подлежат оштукатуриванию с последующей облицовкой или окраской. Облицовка или оштукатуривание внешних поверхностей наружных кирпичных стен таких помещений не допускается. Для повышения долговечности кирпичных стен их наружную поверхность рекомендуется покрывать гидрофобизирующими составами.

Другой особенностью эксплуатируемых производственных зданий предприятий текстильной промышленности является повышенная температура внутреннего воздуха с диапазоном от 20 до 27 °С и относительная влажность воздуха – 75-40%. В совокупности эти факторы влияют на изменение физико-механических характеристик кирпичных стен, условия эксплуатации которых отличаются от жилых и общественных зданий.

Для эксплуатируемых зданий различного назначения исследована возможность применения для контроля прочности кирпичной кладки методов неразрушающего контроля, широко используемых для бетона, – метод пластической деформации, ультразвуковой метод, метод ударного импульса и др. [8...11].

Импульсный акустический метод, получивший наиболее широкое распространение, основан на использовании закономерности распространения упругих волн в материале. С применением электронной аппаратуры могут быть получены такие акустические характеристики материала, как скорость переднего фронта продоль-

ных C_1 , поперечных C_2 и поверхностных C_3 волн; основная частота f свободных колебаний системы частиц среды; характеристики затухания амплитуды колебаний.

Зная плотность среды ρ и акустические характеристики, можно найти ряд физических параметров для трехмерной среды, описывающих упругие и вязкие свойства материала:

- коэффициент Пуассона μ , определяемый по соотношению скоростей продольных и поперечных волн:

$$\mu = 0,5 - \frac{C_2^2}{2(C_1^2 - C_2^2)};$$

- динамический модуль упругости E_d

$$E_d = k\rho C_1^2,$$

где $k = (1 + \mu)(1 - 2\mu/1 - \mu)$; акустическое сопротивление среды ρC ; акустическая жесткость среды $\rho C f$.

Скорости распространения переднего фронта продольных, поперечных и поверхностных волн в образцах и конструкциях определяют акустическим микросекундомером, с помощью которого может быть осуществлено сквозное и поверхностное прозвучивание конструкций. При поверхностном прозвучивании определяется время прихода переднего фронта продольных, поперечных и поверхностных волн. В этом случае при одной и той же базе измерения могут быть определены значения скоростей всех типов волн.

С помощью импульсного акустического метода может быть выявлена дефектность каменных конструкций. Для определения глубины распространения трещины, выходящей на поверхность конструкции, используется способ построения годографа. По локальному увеличению времени (разрыв годографа) прохождения акустического импульса в зависимости от базы измерения при фиксированном положении датчика вычисляют глубину трещины. Невидимые дефекты конструкций (пустоты, инородные включения и т. д.) и зону их распространения выявляют методом последовательного приближения при сквозном прозвучивании конструкций.

С помощью импульсного акустического метода может быть также установлена прочность материала по корреляции между прочностью и его физическими характеристиками – скоростью распространения упругих волн, акустическим сопротивлением или акустической жесткостью среды. Проведенными исследованиями установлена возможность использования этого метода для определения несущей способности кирпичных стен.

Как установлено ранее проведенными исследованиями, при испытаниях кирпича для корректной регистрации скорости продольных волн в массиве необходимо иметь длину волны не более 3,6 см, что при скорости 1800...2200 м/с соответствует частоте излучателей 60 кГц [3]. Протяженность ближней зоны в этом случае будет равна 6 см при обычных излучателях.

Таким образом, на кирпиче стандартных размеров при использовании серийной аппаратуры, в комплект которой входят излучатели частотой 60 кГц, можно определять скорость продольных волн в массиве, а с применением поверхностного метода прозвучивания и способа построения линейного годографа – скорости поперечных и поверхностных волн.

При известной плотности кирпича можно определить: динамический модуль упругости E_d и динамический коэффициент Пуассона μ . Установлены пропорциональные соотношения между начальным модулем упругости и временным сопротивлением кладки (СП 15.13330.2020). В то же время начальный модуль упругости соответствует значению динамического модуля упругости, измеряемого при импульсных акустических испытаниях:

$$E_d = \nu E_0 = \nu \alpha R,$$

где ν – коэффициент пропорциональности; E_0 – начальный модуль упругости кладки; α – упругая характеристика кладки как функция прочности раствора; R – прочность кладки.

Таким образом, для определения прочности кладки в эксплуатируемом здании достаточно установить динамический мо-

дуль упругости кладки и прочность раствора.

Однако необходимо учитывать, что с точки зрения механики кирпичная кладка представляет собой слоистую конструкцию, состоящую из слоев кирпича и раствора, а с точки зрения закономерности прохождения акустического импульса слоистость конструкции будет очевидна только при условии неравенства акустических сопротивлений кирпича и раствора [12], т.е. при

$$\rho_k C_k \neq \rho_p C_p,$$

где ρ_k и ρ_p – плотность соответственно кирпича и раствора; C_k и C_p – скорости распространения колебаний соответственно в кирпиче и растворе.

Теоретически возможны три варианта, вытекающие из приведенного условия:

$$\left. \begin{array}{l} \text{I вариант } \rho_k C_k \approx \rho_p C_p \\ \text{II вариант } \rho_k C_k \gg \rho_p C_p \\ \text{III вариант } C_k \ll \rho_p C_p \end{array} \right\} \quad (1)$$

Первый вариант характерен для кладок на известковых растворах и их разновидностях при низких марках кирпича. При этом для условий распространения колебаний кладка представляет собой акустически монолитную среду, и определить динамический модуль упругости можно так же, как для монолита, по выражению

$$E_d = k \rho_k C_k^2. \quad (2)$$

Для двух других вариантов динамический модуль упругости кладки может быть определен применительно к слоистой среде в соответствии с выражением:

$$E_d = E_{dk} E_{dp} / (E_{dk} S_p + E_{dp} S_k), \quad (3)$$

где E_{dk} и E_{dp} – динамический модуль упругости соответственно кирпича и раствора; S_k и S_p – приведенные толщины соответственно кирпича и раствора:

$$S_k = h_k / (h_k + h_p); \quad S_p = h_p / (h_k + h_p),$$

h_k и h_p – соответственно толщина кирпича и раствора в шве кладки.

Исходя из этого прочность кладки может быть определена по одному из следующих выражений:

$$R = \frac{100+R_k}{3(100+1,25R_k)} R_k \left(1 - \frac{0,2}{0,3+\frac{R_k}{2R_p}} \right); \quad (4)$$

$$R = \frac{H_k}{v\alpha} = \frac{k\rho_k C_k^2}{v\alpha}; \quad (5)$$

$$R = \frac{H_k H_p}{v\alpha(H_k S_p + H_p S_k)} = \frac{k_k k_p \rho_k \rho_p C_k^2 C_p^2}{v\alpha(k_k \rho_k C_k^2 S_p + k_p \rho_p C_p^2 S_k)}. \quad (6)$$

Как видно из структуры выражений (4) – (6), чтобы найти прочность кладки R , необходимо знать марку кирпича и раствора или динамический модуль упругости кладки и марку раствора. Определение этих величин при использовании импульсного акустического метода основано на построении тарировочных зависимостей отдельно для кирпича и раствора с учетом условий распространения и особенностей регистрации акустических импульсов.

Исходя из того, что акустическое сопротивление кирпича и раствора может быть различным, определены граничные условия для выражений (5) и (6). При известных прочностях кирпича и раствора, а также значениях их среднеквадратических отклонений выражения (5) и (6) ограничены соответственно условиями:

$$\rho_k C_k \pm \sigma_k \approx \rho_p C_p \pm \sigma_p,$$

$$\rho_k C_k \pm \sigma_k \neq \rho_p C_p \pm \sigma_p.$$

При неравенстве волновых сопротивлений кирпича и раствора исследователями предлагается прочность кирпича измерять по тарировочной кривой $R_k - \rho_k C_k$ импульсным акустическим методом, а прочность раствора (с учетом ширины шва) – по тарировочным кривым склерометрическим способом [3].

Обобщение ряда исследований показало, что в старой кладке на известковом растворе и кладках из современного кирпича на растворах низких марок при $C_k > C_p$ скорость распространения колебаний стабилизируется: у старых кладок с базы измерения в 3...4 ряда, у современных в 5...7

рядов кладки, чем обоснованы рекомендации принимать базу измерения при испытании старых кладок размером 25...50 см, а новых 40...60 см.

При обследовании кирпичных стен для определения фактического значения кладки используется выражение

$$R_p = RmK, \quad (7)$$

где m – коэффициент условий работы; K – коэффициент однородности.

По обобщенным данным обследований различных авторов большого количества зданий установлено, что коэффициент однородности кирпичных стен по прочности для кирпичных зданий старой постройки колеблется в пределах $0,46 < K < 0,78$, в то время как для новых составляет $0,38 < K < 0,54$ [3].

Изменение других важных физико-механических характеристик – плотности и влажности кладки – определяют плотномером и влагомером, устанавливаемым в соответствии со схемой испытаний.

Кроме того, для оценки однородности и сплошности материала стен в отдельных местах (простенках, перемышках, пилястрах и др.) производят сквозное прозвучивание. При обнаружении в стене трещины определяют глубину, ширину ее раскрытия, расположение и конфигурацию. Ширину раскрытия и глубину проникания трещины устанавливают способом последовательного приближения. Зону ее распространения определяют, попеременно переставляя датчики по вертикали и горизонтали. Прочность кладки в местах замеров оценивают по соответствующим тарировочным кривым. В отдельных местах для контроля точности информации о прочностных характеристиках материалов, получаемой при использовании физических методов испытаний, производят испытания склерометрическим способом.

Результаты и обсуждения

Определение прочности кирпичной кладки неразрушающими методами имеет ряд преимуществ. При исследовании не происходит ослабления конструкций в результате отбора образцов и не нарушается

их внешний вид. Неразрушающие методы наименее трудоемки и затратны в сравнении со стандартными испытаниями. Однако результаты испытаний неразрушающим методом контроля позволяют лишь приблизительно оценить прочность кирпича и во многих случаях характеризуются большой погрешностью [13]. Это вызвано, в частности, тем, что прочностные характеристики определяются по исследованию поверхностного слоя, подверженного размораживанию, эрозии и увлажнению. Все эти факторы напрямую влияют на результаты исследований. Учесть вышеуказанные факторы при определении прочности кирпича неразрушающим методом попытались авторы работы [9]. Но при этом исследовался тот же поверхностный слой, игнорировались возможные дефекты в теле камня и его неоднородность, которая характерна особенно для старого кирпича производства XIX века и ранее.

Вместе с тем, по мнению некоторых авторов, использование известных методов НК для определения прочности керамического кирпича при обследовании конструкций недопустимо, потому что в первую очередь отсутствуют стандарты, регламентирующие применение данных методов, а главное – из-за того, что керамический кирпич имеет существенно большую неоднородность строения и анизотропность физико-механических свойств, чем бетон. Известно, что применение косвенных методов неразрушающего контроля даже для определения прочности бетона весьма условно. Для корректной реализации этих методов необходимо руководствоваться накопленными статистическими данными и учитывать в расчетах соответствующие значения коэффициентов однородности материалов и условия работы конструкций.

ВЫВОДЫ

Здания предприятий текстильной промышленности, имеющие более чем вековую историю, не только представляют интерес с архитектурной и градостроительной точки зрения, но и являются уникаль-

ным экспериментальными объектами для оценки безопасной эксплуатации зданий с применением различных строительных материалов. Особый интерес представляют исследования наружных стен из кирпича, так как этот традиционный отечественный материал применяется на протяжении многих лет, зарекомендовал себя как конкурентоспособный по экологическим требованиям в жизненном цикле зданий и имеет перспективы использования в современном строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Конюков А.Г., Москаева А.С.* Развитие архитектурной типологии производственных зданий (на примерах трикотажных фабрик). Н. Новгород: ННГАСУ, 2014.
2. Руководство по проектированию антикоррозионной защиты строительных конструкций производственных зданий предприятий текстильной промышленности. М.: НИИЛШ Госстроя СССР, 1980.
3. *Комисарчик Р.Г.* Методы технического обследования ремонтируемых зданий. М.: Стройиздат, 1975.
4. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1988.
5. *Онищик Л.И.* Прочность и устойчивость каменных конструкций. М.-Л.: Главредстройлит, 1937.
6. *Гроздов В.Т.* Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. СПб.: Издательский Дом KN+, 2001.
7. *Гнедина Л.Ю.* Экспериментальное определение прочностных характеристик различных видов кирпича и кирпичной кладки при центральном сжатии // Строительные материалы. 2007. №12. С. 18...19.
8. *Житушкин В.Г., Кучеров В.Н.* Определение прочности кладки из кирпича в натуральных условиях // Жилищное строительство. 2001. №9. С. 11...12.
9. *Гучкин И.С., Артюшин Д.В.* Определение прочности (марки) керамического кирпича в конструкциях неразрушающим методом // Изв. вузов. Строительство. 2006. №1. С. 103...104.
10. Руководство по определению прочности кирпичной кладки неразрушающим методом пластических деформаций. Краснодар: КубГУ, 1999. 15 с.
11. *Brozovsky J., Zach J.* Non-destructive Testing of Solid Brick Compression Strength in Structures // IV Conferencia Panamericana de END. Buenos Aires. 2007 [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.ndt.net/article/panndt2007/papers/1.pdf>

12. *Бреховских Л.М.* Волны в слоистых средах. М.: Изд-во АН СССР, 1957.

13. *Деркач В.Н., Жерносек Н.М.* Методы оценки прочности каменной кладки в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений // Вестник Белорусско-Российского университета. 2010. № 3(28). С. 135...143.

REFERENCES

1. *Konyukov A.G., Moskaeva A.S.* Development of the architectural typology of industrial buildings (using examples of knitting factories). N. Novgorod: NNGASU, 2014. 105 c.

2. Guidelines for the design of corrosion protection of building structures of industrial buildings of the textile industry enterprises. Moscow, NIILShGosstroy of the USSR, 1980, p. 89.

3. *Komisarchik R.G.* Methods of Technical Investigation of Buildings under Repairs. Moscow: Stroizdat, 1975. 88 c.

4. Recommendations on the Inspection and Assessment of the Technical Condition of Large-Panel and Masonry Buildings. Moscow: Central Research Institute of Building Research named after V.A. Kucherenko, 1988. 36 c.

5. *Onishchik L.I.* Strength and Stability of Stone Structures. M.-L.: Glavredstroilit, 1937. 292 c.

6. *Grozdov V.T.* Technical Inspection of Building Structures of Buildings and Structures. SPb: KN+ Publishing House, 2001. 140 c.

7. *Gnedina L.* Experimental Determination of Strength Characteristics of Various Bricks and Brick-

work in Central Compression // Stroitelnie Material. 2007. №12. С. 18-19.

8. *Zhitushkin V.G., Kucherov V.N.* Determination of Strength of Brickwork in Natural Conditions // Housing Construction. 2001. №9. С. 11-12.

9. *Guchkin I.S., Artyushin D.V.* Determination of Strength (Grade) of Ceramic Brick in Structures by Non-Destructive Method // Izvestia Vysshee Uchebovaniya. Construction. 2006. №1. С. 103-104.

10. Guidelines for Determining the Strength of Brickwork by Non-Destructive Method of Plastic Deformation / Kub State University. Krasnodar, 1999. 15 c.

11. *Brozovsky J., Zach J.* Non-destructive Testing of Solid Brick Compression Strength in Structures // IV Conferencia Panamericana de END. Buenos Aires. 2007 [Electronic resource]. System requirements: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.ndt.net/article/panndt2007/papers/1.pdf>.

12. *Brekhovskikh L.M.* Waves in Layered Media. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1957.

13. *Derkach V.N., Zhernosek N.M.* Estimation methods of strength of masonry in domestic and foreign practice of inspection of buildings and structures // Bulletin of Belarusian-Russian University. 2010. № 3(28). С. 135-143.

Рекомендована кафедрой жилищно-коммунального комплекса Национального исследовательского Московского государственного строительного университета. Поступила 16.03.23.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ
ОТХОДОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ***

**STUDY OF THERMAL DECOMPOSITION KINETICS
OF PLANT ORIGIN WASTE FROM THE TEXTILE INDUSTRY**

Р.Г. САФИН, В.Г. СОТНИКОВ

R.G. SAFIN, V.G. SOTNIKOV

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: vcvvc12345678@gmail.com

Проведено исследование термического разложения биомассы отходов текстильного происхождения методом медленного кондуктивного пиролиза с целью максимизации выхода твердого углеродистого остатка. Описаны основные отходы текстильной промышленности и их структурный состав. На экспериментальной установке проведены исследования влияния температурных режимов пиролиза на удельный выход угольного остатка из растительных отходов текстильной промышленности. Показано, что наилучшими физико-механическими характеристиками обладают отходы от производства льняных тканей в температурном диапазоне 500-600 °С. Исследована кинетика разложения отходов текстильной промышленности. Показано, что отходы с высоким содержанием целлюлозы имеют большую скорость разложения и меньший удельный выход твердых продуктов. Высокое содержание сопутствующих компонентов в структурном составе биомассы приводит к повышенным значениям зольности в угольном остатке. Установлено, что исследуемые отходы имеют различные характеристики теплоемкости слоя сырья при кондуктивном подводе тепла, несмотря на единообразность частиц и химического состава. Исследованы адсорбционные возможности полученных карбонизатов. Показано, что для отходов костры и соломы льна наиболее предпочтительна термическая переработка и последующая обработка паром для получения высококачественных сорбентов.

A study of biomass thermal decomposition of textile origin wastes was made, by the method of slow conductive pyrolysis in order to maximize the yield of solid carbonaceous residue. Descriptions of the main wastes of the textile industry, their structural composition were given. On the experimental setup studies of temperature regimes effect of pyrolysis on the specific yield of coal residue for plant waste from the textile industry were carried out. It has been shown that waste from the production of linen fabrics in the temperature range of 500-600 C has the best physical and mechanical characteristics. The kinetics of decomposition of textile industry waste has been studied. It is shown that wastes with a high content of cel-

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00036. <https://rscf.ru/project/23-26-00036/>

lulose have a higher decomposition rate, as well as a lower specific yield of solid products, a high content of related components in the structural composition of the biomass leads to high ash content in the coal residue. The characteristics of the heat capacity of the layer of raw materials with conductive heat supply are investigated. It has been established that the studied wastes have different characteristics of the heat capacity of the layer despite the uniformity of particles and chemical composition. The adsorption possibilities of the obtained carbonizates were studied under the studied temperature regimes. It is shown that fire waste and flax straw are most preferable for thermal processing and subsequent steam treatment to obtain high-quality sorbents.

Ключевые слова: отходы текстильной промышленности, медленный кондуктивный пиролиз, адсорбент, растительные отходы, ресурсосбережение, энергосбережение.

Keywords: textile industry waste, slow conductive pyrolysis, adsorbent, vegetable waste, resource saving, energy saving.

Введение

Биомасса растительного происхождения, полученная при производстве текстиля, доступна в каждой стране, и ее эффективное применение в качестве топлива и новых материалов имеет важное социально-экономическое значение. В России столь ценный возобновляемый ресурс не используется в должной степени и отходы продолжают складировать на мусорных полигонах и предприятиях. Учитывая огромный масштаб проблемы с отходами в РФ, считаем, что наиболее целесообразной с экономической точки зрения является их термическая переработка по методу медленного кондуктивного пиролиза с получением в качестве основного продукта углеродистого остатка, который при дальнейшей переработке можно улучшить до активированного угля. Рынок активированного угля более чем наполовину зависит от импорта, при этом спрос на адсорбенты год от года будет расти [1...4].

Термическая переработка растительной биомассы нейтральна в отношении выбросов диоксида углерода в атмосферу, а благодаря довольно низким температурам конверсии энергия процесса может генерироваться из внутренних источников энергии, образуемых при разложении растительного сырья [5...16].

Важным направлением в области исследования процесса пиролиза биомассы

является изучение кинетики химических реакций, определяющей протекание данного процесса. Установлено, что процесс медленного кондуктивного пиролиза зависит от температуры, давления, типа и размеров объектов пиролиза, их влажности, скорости нагрева [5]. При разработке новых энергосберегающих аппаратов термической переработки отходов текстиля требуются дополнительные исследования кинетики данных видов отходов. В связи с этим возникает задача исследования кинетики термического разложения для отходов хлопчатника и льна. В данной работе рассмотрена термическая переработка основных отходов текстильной промышленности: хлопка-сырца, хлопковых стеблей, створок, коробочек, хлопковых волокон, льняных волокон, костры, соломы. Кинетика пиролиза отходов текстильной промышленности опирается на их общий химический состав, включающий в себя лигниноцеллюлозный комплекс (более 90% удельного веса) и различные примеси, влияющие на кинетику процесса.

Методы и материалы

В данной работе рассматривается процесс кондуктивного медленного пиролиза растительного сырья, полученного из отходов хлопка и льна. Передача тепла осуществляется равномерно от стенок камеры к слою сырья [7]. Под биомассой растительного сырья следует понимать смесь

компонентов целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина, удельная масса которых известна. В табл. 1 приведены данные по компо-

нентному содержанию целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина в растительном сырье.

Т а б л и ц а 1

Растительное сырье	Лигниноуглеводный комплекс, %			Сопутствующие вещества (жиры, воски, минеральные вещества), %
	целлюлоза	гемицеллюлоза	лигнин	
Солома льна	70	16	4	10
Костра льна	52	10	30	8
Льняное волокно	85	7	2	6
Хлопок-сырец	94	-	2	4
Хлопковые створки, коробочки	36	4	35	25
Хлопковое волокно	93	-	-	7

Для исследования кинетики процесса термического разложения на экспериментальной установке, представленной на

рис. 1 [8], были проведены серии экспериментов по медленному кондуктивному пиролизу отходов, приведенных в табл. 1.

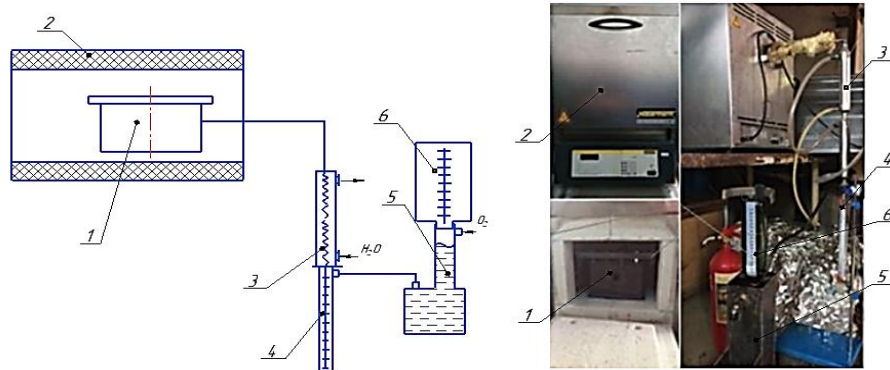


Рис. 1

Методика проведения эксперимента следующая: отходы высушиваются до постоянного веса, взвешиваются, затем загружаются в пиролизную камеру 1. В муфельной печи 2 пиролизная камера подвергается прогреву. Пиролизные газы проходят через сепаратор 3, конденсируются и собираются в сборнике дистиллята 4. Несконденсированный газ через гидрозатвор 5 попадает в сборник газов 6.

В первой серии экспериментов исследовались температурные режимы термической переработки. Исходная масса растительного сырья определялась на электронных весах. Бралась масса 100 г, и проводился пиролиз при температуре: 400, 500, 600 °С и скорости прогрева 10 °С/мин. Оставшийся после пиролиза твердый остаток вынимался из камеры и взвешивался на электронных весах. Затем карбонизаты

исследовались на содержание золы методом полного сжигания в муфельной печи при температуре 650 °С, а также анализировались физико-механические характеристики.

Во второй серии экспериментов отходы высушивались до постоянного веса в сушильной камере. Пиролиз проводился с массой растительного сырья 100 г для временных промежутков в 20, 30, 40, 50, 60, 70 минут. Затем оставшийся твердый остаток вынимался из камеры и взвешивался на электронных весах. По разнице масс определялась степень пиролиза сырья:

$$\alpha = \frac{m_k - m_0}{(m_0 - m_0(m_k/m_0)_{\min})}. \quad (1)$$

Третья серия экспериментов проводилась для исследования влияния высоты слоя и насыпной плотности сырья на дли-

тельность термического разложения. В цилиндрическую камеру экспериментальной установки засыпалось сухое сырье до определенной высоты слоя, которая составляла 20, 40, 80 мм для каждого вида сырья. Слой сырья уплотнялся в камере под прессом при избыточном давлении 0,1 мПа до достижения необходимой высоты.

Результаты исследования

Результаты первой серии экспериментов приведены в табл. 2. Для сравнительного анализа проведены эксперименты по термической переработке чистых веществ целлюлозы и лигнина.

Т а б л и ц а 2

Тип отходов	Температура процесса разложения, °С	Продолжительность термического разложения, мин	Удельный выход твердого остатка, %	Зольный остаток, %	Плотность твердого остатка, кг/м ³	Содержание углерода, %
Солома льна	400	98	32,7	4,20	121	72
	500	61	27,3	4,34	121	77
	600	54	26,8	4,42	121	79
Костра льна	400	92	34,6	4,39	143	72
	500	63	30,1	4,42	142	79
	600	57	28,3	4,47	142	79
Льняное волокно	400	106	24,9	3,20	126	75
	500	54	22,7	3,35	126	77
	600	45	22,5	3,37	126	77
Хлопок-сырец	400	78	22,7	3,21	134	77
	500	57	20,9	3,30	134	77
	600	42	18,6	3,32	134	77
Хлопковые створки, коробочки	400	87	40,1	5,20	162	56
	500	76	30,9	5,55	158	67.
	600	66	30,7	5,69	158	76
Хлопковое волокно	400	77	22,7	3,25	124	81
	500	57	20,9	3,33	124	81
	600	42	18,6	3,36	124	81
Целлюлоза	400	69	21,3	2,81	124	78
	500	55	19,1	2,86	124	78
	600	35	18,7	2,88	124	78
Лигнин	400	101	12,1	12	173	62
	500	87	6	8	169	86
	600	73	0	0	-	0

Для исследования кинетики процесса пиролиза переработаны целлюлоза древесины и отходы процесса гидролиза древесины – лигнинная смола. Выявлено, что температура разложения чистой целлюлозы ниже, чем у смолы лигнина. Продукты карбонизации целлюлозы имеют низкие значения зольности. Лигнин в чистом виде при термической переработке с температурой 600 °С полностью газифицируется.

Хлопок-сырец и хлопковое волокно, наиболее близкие по составу к чистой целлюлозе, имеют соответственно схожие выходные данные. Большая удельная доля лигнина в составе сырья ведет к большему

удельному выходу угольного остатка. Хлопковые створки и коробочки, содержащие целлюлозу и лигнин практически в равных долях, при термохимической конверсии имеют самый высокий удельный выход твердых продуктов. Исходя из представленных в табл. 2 данных можно сделать вывод, что термическая переработка наиболее целесообразна для льняной костры и соломы. При сопоставимых значениях плотности и зольности удельный выход твердого остатка выше на треть по сравнению с хлопковым волокном, хлопком-сырцом и льняным волокном. Хлопковые створки, коробочки ввиду высоких

значений зольности нецелесообразно использовать в качестве углеродных адсорбентов.

Установлено, что режимы полного термического разложения для целлюлозы приходится на 400-450 °С, лигнин разлагается при более высоких температурах, при этом полное разложение лигнина длится дольше. Термическая деструкция хлопковых и льняных отходов протекает при температуре, близкой к температуре деструкции чистой целлюлозы, – 500-600 °С. При снижении параметров прогрева сырья наблюдаются существенные различия по продолжительности термического разложения. С увеличением содержания посторонних примесей также возрастает продолжительность процесса термического разложения сырья.

Результаты второй серии экспериментов приведены на рис. 2 (кинетическая кривая изменения степени пиролиза отходов текстильной промышленности (1 – солома льна, 2 – костра льна, 3 – льняное волокно, 4 – хлопок-сырец, 5 – хлопковые створки, 6 – хлопковое волокно)).

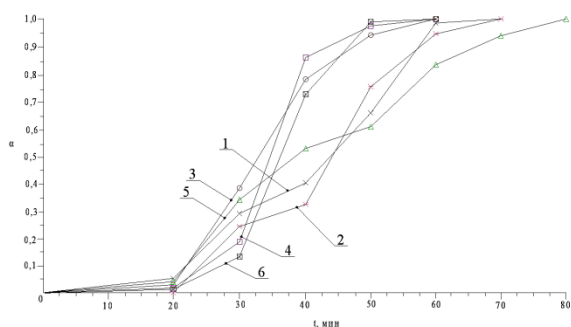


Рис. 2

На временном промежутке 0-20 мин степень пиролиза минимальна, это объясняется удалением связанной влаги. На временном промежутке 20-40 мин разложение каждого вида исследуемого растительного сырья протекает по-разному. Исследуемые растительные отходы, за исключением хлопковых коробочек и створок, имеют схожий химический состав с преобладанием компонента целлюлозы, но кинетика разложения сырья сильно различается: так, на 40 минуте степень пироли-

зации хлопка-сырца 0,87, а у хлопкового волокна 0,7. Это может свидетельствовать о том, что на скорость конверсии сильно влияют сопутствующие вещества и различное строение клеточной стенки. Несмотря на существенные различия в определенных временных промежутках процесса термического разложения, итоговая продолжительность разложения близких по составу хлопка-сырца, волокна хлопка и льна схожа. Так, на 50 минуте данные виды сырья пиролизированы более чем на 90%.

Костра и солома льна имеют в своем составе лигнин и, как видно из рис. 2, разлагаются дольше трех описанных выше отходов. Хлопковые коробочки и створки разлагаются дольше остальных видов отходов, так как имеют высокое содержание лигнина и посторонних веществ.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что на процесс термического разложения серьезное влияние оказывают строение клеточной стенки перерабатываемого сырья и наличие минеральных веществ.

Результаты третьей серии экспериментов представлены на рис. 3.

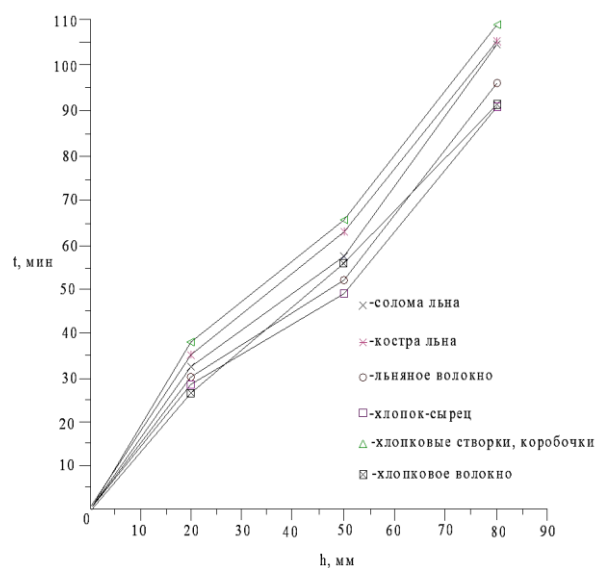


Рис. 3

Результаты третьей серии экспериментов коррелируются с данными, приведенными на рис. 2, однако льняное волокно перерабатывается несколько дольше, так как оно имеет более низкое значение теплопроводности, и при проектировании ап-

паратурного оформления необходимо это учитывать.

Образцы карбонизатов из отходов текстильной промышленности, полученные в

первой серии экспериментов, исследовались на адсорбционные способности, результаты представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Тип отходов	T, °C	Адсорбционная активность по йоду, %	Объем пор, см ³ /г	Удельная поверхность, м ² /г
Солома льна	400	23	0,6	150
	500	38	0,8	354
	600	39	0,8	348
Костра льна	400	26	0,6	189
	500	36	0,8	343
	600	38	0,8	316
Льняное волокно	400	22	0,8	285
	500	29	0,9	399
	600	27	0,9	428
Хлопок-сырец	400	22	1,1	328
	500	24	1.0	388
	600	27	1.0	378
Хлопковые створки, коробочки	400	26	0.2	122
	500	37	1.1	229
	600	36	1.3	418
Хлопковое волокно	400	22	1,0	349
	500	23	1.0	386
	600	25	0.9	372

Как видно из табл. 3, образцы карбонизатов из хлопка-сырца, хлопкового и льняного волокна имеют высокую удельную поверхность при довольно низкой адсорбционной активности по йоду в сравнении с остальными образцами карбонизатов. Четко прослеживается зависимость длительности процесса переработки от содержания в составе сырья лигнина, т. е. чем его больше, тем больше времени требуется на переработку. При этом высокотемпературные режимы медленного пиролиза позволяют существенно сократить время переработки. Отходы с преобладанием целлюлозы, такие, как хлопок-сырец, лучше перерабатываются при температуре 400-500 °C.

Представленные образцы можно использовать в качестве адсорбентов жидкостей и газов. Наилучшими характеристиками обладают сорбенты из костры и соломы льна, полученные при температурном диапазоне 500-600 °C.

В Ы В О Д Ы

Полученные результаты свидетельствуют о различии в режимах термической

переработки различных отходов текстильной промышленности. Сорбенты из этих отходов имеют хорошие адсорбционные характеристики, что открывает возможности их применения для очистки газов и жидкостей от вредных примесей. Однако термическая переработка в адсорбенты отходов хлопка может оказаться экономически невыгодна ввиду низких показателей удельного выхода адсорбентов.

Кинетика термического разложения исследуемых видов текстильного растительного сырья имеет различный характер, зависящий от удельного содержания компонентов: целлюлозы, лигнина и посторонних веществ. Показано, что исследуемое сырье имеет довольно низкую теплопроводность, при проектировании оборудования пиролиза необходимо учитывать этот фактор.

Рациональные температурные режимы, позволяющие получить адсорбенты с хорошими адсорбционными свойствами, различны и зависят от химического состава, строения клеточной стенки перерабатываемых текстильных отходов и наличия посторонних примесей.

1. Герасимович Е.М. Композиционные материалы на основе отходов – материалы будущего // Высшая школа. 2016. №4. Т 1. С. 101...103.
2. Kaldygozov A., Kaldygozov E., Idrisov M., Sarsenbaeva A. Ways of improving operational and environmental properties of motor fuels from petroleum raw materials of Kazakhstan // Industrial Technology and Engineering. 2017. №03 (24). P. 18...24.
3. Демесинова А.А., Айдарова А.Б., Молдогазиева Г.М., Досмуратова Э.Е. Энергия из отходов текстильного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 1 (379). С. 71...75.
4. Пукашева Г.Н., Коробкова А.Ю. Анализ возможностей получения угольных адсорбентов из отходов синтетических тканей. Особенности химии поверхности угольных адсорбентов // Проблемы и решения теоретических и прикладных задач сервисных технологий. М.: МГУС, 2006. С. 92...98.
5. Safin R.G., Ziatdinov R.R., Sotnikov V.G. et al. Optimizing the Structure of a Production System for Activated Carbon // Russ. Engin. Res., 2022, 42, pp. 867–870.
6. Юрьев Ю.Л., Орлов В.П., Панюта С.А., Штеба Т.В. Проблемы аппаратного оформления процессов переработки измельченной древесины в активные угли // Лесной журнал. 2000. №5-6. С. 52...57.
7. Сафин Р.Г., Сотников В.Г. Пирогенетическая переработка растительных отходов в активированный уголь. Казань: Изд-во КНИТУ, 2022. 108 с.
8. Сафин Р.Г., Сотников В.Г., Грунин Л.Ю. и др. Контроль качества активированного угля методом ядерного магнитного резонанса // Изв. вузов. Лесной журнал. 2022. № 5(389). С. 173...185.
9. Afzal M.Z., Sun X.-F., Liu J., Song C., Wang S.-G., Javed A. Enhancement of ciprofloxacin sorption on chitosan/ biochar hydrogel beads // Science of the Total Environment, 2018, vol. 639, pp. 560-569.
10. Fonseca F.G., Soares Dias A.P. Almond shells: Catalytic fixed-bed pyrolysis and volatilization kinetics // Renewable Energy, 2021, vol. 180, pp. 1380-1390.
11. Teixeira W.G., Lehmann J., Steiner C., Prins A.W. (Eds.). Terra preta Nova – where to from here? In: Woods // Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision. Springer, Berlin, pp. 473–486.
12. Fonseca F.G., Soares Dias A.P. Almond shells: Catalytic fixed-bed pyrolysis and volatilization kinetics // Renewable Energy, 2021, vol. 180, pp. 1380-1390.
13. Afzal M.Z., Sun X.-F., Liu J., Song C., Wang S.-G., Javed A. Enhancement of ciprofloxacin sorption on chitosan biochar hydrogel beads // Science of the Total Environment, 2018, vol. 639, pp. 560-569.
14. Popov V.V., Kirilenko D.A., Orlova T.S. et al. Structural characterization and magnetic behavior of nickel nanoparticles encapsulated in monolithic wood-

derived porous carbon // Journal of Materials Science, 2021.

15. Кочева Л.С., Карманов А.П., Канарский А.В. и др. Диатомиты и лигнины как адсорбенты микотоксинов // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 73...84.

16. Belyy V., Kuzivanov I., Istomina E. et al. Water stable colloidal lignin-PVP particles prepared by electrospray // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. vol. 190, pp. 533-542.

REFERENCES

1. Gerasimovich E.M. Composite materials based on waste – materials of the future // Higher school. 2016. No. 4. Volume 1. S.101-103.
2. Kaldygozov A., Kaldygozov E., Idrisov M., Sarsenbaeva A. Ways of improving operational and environmental properties of motor fuels from petroleum raw materials of Kazakhstan // Industrial Technology and Engineering. 2017. No. 03 (24). P. 18...24.
3. Demesinova A.A., Aidarova A.B., Moldogazieva G.M., Dosmuratova E.E. Energy from waste products of textile production // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 1 (379). pp. 71-75.
4. Pukasheva G.N., Korobkova A.Yu. Analysis of the possibilities of obtaining coal adsorbents from synthetic fabric waste. Peculiarities of surface chemistry of coal adsorbents // Problems and solutions of theoretical and applied problems of service technologies. M.: MGUS, 2006. S. 92-98.
5. Safin R.G., Ziatdinov R.R., Sotnikov V.G. et al. Optimizing the Structure of a Production System for Activated Carbon // Russ. Engine. Res., 2022, 42, pp. 867–870.
6. Yuryev Yu.L., Orlov V.P., Panyuta S.A., Shteba T.V. Problems of hardware design of the processes of processing shredded wood into active coals // Forest Journal. 2000. No. 5-6. pp. 52-57.
7. Safin R.G., Sotnikov V.G. Pyrogenetic processing of plant waste into activated carbon: monograph. Kazan: Publishing House of KNRTU, 2022. 108 p.
8. Safin R.G., Sotnikov V.G., Grunin L.Yu. [and etc.]. Quality control of activated carbon by the method of nuclear magnetic resonance // Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine. 2022. No. 5 (389). S. 173-185.
9. Afzal M.Z., Sun X.-F., Liu J., Song C., Wang S.-G., Javed A. Enhancement of ciprofloxacin sorption on chitosan/ biochar hydrogel beads // Science of the Total Environment, 2018, vol. 639, pp. 560-569.
10. Fonseca F.G., Soares Dias A.P. Almond shells: Catalytic fixed-bed pyrolysis and volatilization kinetics // Renewable Energy, 2021, vol. 180, pp. 1380-1390.
11. Teixeira, W.G., Lehmann, J., Steiner, C., Prins, A.W. (Eds.). Terra preta Nova – where to from here? In: Woods // Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision. Springer, Berlin, pp. 473–486.

12. *Fonseca F.G., Soares Dias A.P.* Almond shells: Catalytic fixed-bed pyrolysis and volatilization kinetics // *Renewable Energy*, 2021, vol. 180, pp. 1380-1390.

13. *Afzal M.Z., Sun X.-F., Liu J., Song C., Wang S.-G., Javed A.* Enhancement of ciprofloxacin sorption on chitosan biochar hydrogel beads // *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 639, pp. 560-569.

14. *Popov V.V., Kirilenko D.A., Orlova T.S. [et al.]* Structural characterization and magnetic behavior of nickel nanoparticles encapsulated in monolithic wood-derived porous carbon // *Journal of Materials Science*, 2021.

15. *Kocheva L.S., Karmanov A.P., Kanarsky A.V. [et al.]* Diatomites and lignins as mycotoxin adsorbents // *Chemistry of vegetable raw materials*. 2022. No. 2. pp. 73-84.

16. *Belyy V., Kuzivanov I., Istomina E. [et al.]* Water stable colloidal lignin-PVP particles prepared by electrospray // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. vol. 190. pp. 533-542.

Рекомендована кафедрой переработки древесных материалов Казанского национального исследовательского технологического университета. Поступила 13.04.23.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_217

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ
НА ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ОБРАЗ
С АКЦЕНТОМ НА ЦВЕТОВЫЕ ПАЛИТРЫ***

**STAGES OF DESIGNING MODELS OF CHILDREN'S CLOTHING
FOR AN INDIVIDUAL LOOK WITH ACCENT ON COLOR PALETTE**

Э.А. ХАММАТОВА¹, Ю.С. СУРАВЦЕВА²

E.A. KHAMMATOVA, Yu.S. SURAVTSEVA

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет,
²Российский технологический университет МИРЭА)

(Kazan National Research Technological University,
Russian Technological University MIREA)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

Исследование посвящено изучению этапов проектирования детской одежды с целью создания индивидуального образа с фокусировкой на цветовых палитрах. Установлено, что цвет в проектируемой детской одежде не только решает маркетинговые задачи выпускаемой продукции, но и оказывает влияние на растущий организм с точки зрения формирования эстетических установок и мироощущения, личности в целом. Выполнено эмпирическое исследование, включающее в себя три этапа. Первый этап – общий анализ исследования по особенностям проектирования коллекции одежды с целью создания индивидуального образа, определение базовых понятий о цветотипе и его значения при проектировании одежды, изучение значимых критериев одежды для разных возрастов и детской моды с точки зрения стиля и цвета. Второй этап – на основе данных из первого этапа проводится эмпирическое исследование. Третий этап – эскизное проектирование трех коллекций одежды.

The research is devoted to the study of the stages of designing children's clothing in order to create an individual image with a focus on color palettes. It is estab-

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

lished that the color in the designed children's clothing solves not only the marketing objectives of the products, but also has an impact on the growing organism in terms of the formation of aesthetic attitudes and attitude, personality as a whole. Also, an empirical study was carried out in the framework of the article, which includes three stages: the first stage is a general analysis of the research on the peculiarities of designing a collection of clothes in order to create an individual image, the definition of basic concepts about the color type and its meaning in the design of clothing, the study of significant clothing criteria for different ages and children's fashion in terms of style and color. Second stage: based on the data from the first stage, an empirical study is conducted. The third stage: preliminary design of three collections of clothes.

Ключевые слова: цвет в детской одежде, цветовое решение в одежде, индивидуальный детский образ, проектирование детской одежды с учетом цвета.

Keywords: children's clothing, color scheme in clothing, individual children's image, designing children's clothing while taking color scheme into account.

Существует два основных вида проектирования детской одежды – промышленный и индивидуальный, в каждом из которых рассматривается потенциальный потребитель, проводится его анализ. При этом промышленное проектирование ориентировано на учет среднего значения показателя каждого из изучаемых критериев, а индивидуальное – на более тщательную проработку всех пожеланий конкретного заказчика [1].

Детской одежде отводится свой собственный сегмент, который должен учитывать большое количество специфических факторов и критериев. Современные промышленные образцы детской одежды разнообразны, но есть ряд недостатков, которые можно избежать при индивидуальном подходе при проектировании одежды для ребенка [2, 3].

Особо стоит отметить, что промышленное производство детской одежды ориентировано на экономическую и маркетинговую составляющие. Экономичность модели достигается за счет упрощения конструкций, формирования стандартизированной размерной сетки. Для решения маркетинговой задачи – привлечь внимание потребителя, под которым имеются в виду не только родители, но и их дети, которые в XXI веке все более активно при-

нимают участие в выборе предметов и изделий для своего использования [4] – часто используется цвет.

Индивидуальное проектирование позволяет разрабатывать коллекции с учетом не только эстетических, но и психологических, физиологических, педагогических, гигиенических и др. особенностей ребенка. При данном проектировании часто применяется ручная работа, что придает моделям эксклюзивность и подчеркивает индивидуальные особенности потребителя [5, 6].

Именно индивидуальность является лидирующим фактором в формировании моды последних лет [7, 8].

Понятие "образ" в контексте моды – это гармоничное сочетание внутреннего содержания и всех внешних элементов. В связи с этим процесс формирования образа – это особый вид искусства. При этом создание стильного образа – не стихийная деятельность, а алгоритм определенных действий, которые основаны на законах пропорций, оптики, колористики и т.д.

Рассмотрим этапы проектирования индивидуальной одежды для ребенка.

Первый этап, с которого начинается работа по созданию индивидуального образа, – определение внешних характеристик ребенка, изучение его колористического типа. Определение цветотипа ребен-

ка – это очень сложная задача [9], ведь ребенок растет, меняются его черты лица, цвет волос, кожи. Один и тот же ребенок в течение своего физиологического становления может менять свой цветотип.





Принято выделять четыре цветотипа внешности, которые определяются с уче-

том сочетания цвета кожных покровов, радужки глаз и волос. Существует два основных способа определения цветотипа (табл. 1). В табл. 2 представлены основные характеристики разных цветотипов.

Т а б л и ц а 1

№	Название	Краткое описание
1.	"Драпировка"	подбор образцов цветовой палитры путем поднесения цветных эталонов к лицу для определения наилучшего сочетания кожи, формы лица с конкретными цветами.
2.	теория времен года	позволяет выявить четыре типа внешности, соответствующие временам года – весна, лето, осень, зима. Для лета и зимы характерны холодные цвета, а для весны и осени – теплые (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Название цветотипа	Основные анатомические особенности	Образец подходящей палитры
Весна – теплый и нежный, светлый и деликатный	Светлая кожа с персиковым оттенком, золотисто-охристые веснушки, обширная палитра цвета глаз (голубые, зеленые с серым или с желтым оттенком, светло-карие), цвет волос – от соломенных оттенков до медового.	
Лето – ненасыщенные цвета с холодным оттенком	Нежная кожа светлого оливкового холодного цвета, осветленного розового с голубым оттенком. Глаза – серые, серо-синие, серо-зеленые или ореховые. Волосы могут быть как очень светлыми, так и темно-русыми, но обязательно с холодным пепельным, а не золотистым (как у "весенних") оттенком. Характерная черта – сероватая дымка и в цвете волос, и в цвете глаз.	
Осень – теплый насыщенный цвет	Персиковый, красноватый, медный оттенок кожи с красно-золотистыми веснушками. Цвет волос – любые оттенки рыжего – от светло-медных до каштановых. Глаза яркие, самых разных оттенков, от светло-голубого до темно-карего, характерны золотистые крапинки.	
Зима – насыщенный холодный цвет	Самый яркий тип внешности с преобладанием контрастных, ярких, холодных красок. Цвет волос – черный или темно-каштановый с холодным пепельным оттенком. Цвет глаз – темно-карий, зеленый, темно-серый или темно-синий. Кожа может быть двух типов: или очень светлая, прозрачная, без румянца, словно фарфоровая, или смуглая, с холодным оливковым оттенком.	

Второй этап проектирования – моделирование и конструирование детской одежды разных возрастных групп. При индивидуальном проектировании одежды для детей дизайнеры учитывают физические нормы развития ребенка, его психологическое и нравственное состояние, от-

ношение к моде, факторы практичности и удобства.

Особенности конструирования моделей одежды для детей разного возраста представлены в табл. 3.

№	Название возрастной категории	Краткое описание кроя и ассортимента
1.	Для детей до 1 года (новорожденных)	Одежда простая, четких форм с минимальным количеством швов, свободная, легко надевается и снимается, не стесняет движения. Одежда из гигроскопичных и х/б тканей с пастельными оттенками. Соединительные швы на лицевую сторону.
2.	Ясельный и дошкольный возраст	Одежда свободная, прямого или расширенного силуэта с горизонтальными членениями выше живота, длина изделий выше коленей. Силуэты для пальто и платья – полуприлегающий, трапециевидный, универсальный – прямой. Рукава могут быть цельнокроеные или втачные.
3.	Младшая школьная	Силуэты – приталенный, трапециевидный, прямой. В конструкциях преимущественно используются вертикальные рельефы, кокетки, декоративные строчки. Рукава реглан или втачные либо комбинированные. Линия талии может быть завышена, занижена или на естественном месте.
4.	Старшая школьная и подростковая	Характерны длинные конечности и короткое туловище. Силуэты – приталенные, прямые и трапециевидные.

Третий этап – выбор индивидуально-го образа и источника вдохновения.

Мотивы национального искусства являются источником вдохновения многих ведущих дизайнеров как в Европе, так и в России. Трудно найти более ценный материал для развития художественного вос-

приятия, чем увлекательные русские сказки, выразительные песни, красочные предметы декоративно-прикладного творчества. Впечатления, полученные от их восприятия, отражаются в выборе одежды, аксессуаров и изобразительном творчестве ребенка (рис. 1).



Рис. 1

Для выполнения эмпирической части научной статьи выбрана девочка 6,5 лет. В табл. 4 представлены основные характеристики потребителя. В процессе анализа об-

раза составлен коллаж, в котором отражены выявленные особенности (рис. 2).

Таблица 4

№	Название	Описание
1.	Категория потребителя	Дети (девочки)
2.	Возраст	7-10 лет (школьники начальных классов). В этом возрасте происходит изменение в восприятии мира, связанное с окончанием детского сада и переходом в более ответственный мир – школу. Школьный распорядок кардинально меняет весь уклад детской жизни, социальное положение в коллективе и семье. Ведущей деятельностью становится учение, а основной деятельностью – приобретение новых знаний, умений и навыков, а также накопление систематических сведений об окружающем мире, природе и обществе. В этот период ребенок стремится к самостоятельности, старается самовыразиться, но при этом продолжает верить в сказочные чудеса.

3.	Интересы	Искусство (музыка), знания, стремление к самостоятельности, копирование поведения и стиля взрослых.
4.	Характер	Младшие школьники очень эмоциональны, это проявляется, во-первых, в том, что их психическая деятельность обычно окрашена эмоциями. Во-вторых, младшие школьники не умеют сдерживать свои чувства, контролировать их внешнее проявление, они очень непосредственны и откровенны в выражении радости, горя, печали, страха, удовольствия или неудовольствия. В-третьих, эмоциональность выражается в их большой эмоциональной неустойчивости, частой смене настроений, склонности к аффектам, кратковременным и бурным проявлениям радости, горя, гнева, страха.



Рис. 2

Для каждого образа можно спроектировать три типа коллекции: коллекция-утверждение (тождество), коллекция с нюансным решением и коллекция с кардинальными изменениями.

При проектировании эскизов коллекции утверждения образа проанализированы предпочтения потребителя и оформлены в табл. 5.

Таблица 5

№	Критерии проектирования	Описание										
1.	Источник вдохновения	Учеба										
2.	Стиль	Повседневно-деловой										
3.	Ассортимент	Юбки, блузы, сарафаны, кардиганы,										
4.	Сезон	Весна-лето										
5.	Цветовая палитра	<table border="1"> <tr> <td>#EBCAAB</td> <td>#F2D8D5</td> <td>#C9DDE2</td> <td>#C796A9</td> <td>#0D1443</td> </tr> <tr> <td>#96B1C8</td> <td>#618EAC</td> <td>#446C72</td> <td>#8F8B86</td> <td>#6B6E76</td> </tr> </table>	#EBCAAB	#F2D8D5	#C9DDE2	#C796A9	#0D1443	#96B1C8	#618EAC	#446C72	#8F8B86	#6B6E76
#EBCAAB	#F2D8D5	#C9DDE2	#C796A9	#0D1443								
#96B1C8	#618EAC	#446C72	#8F8B86	#6B6E76								

В цветовой палитре коллекции преобладают оттенки серого в сочетании с холодным розовым, а также синий цвет, который чаще всего встречается в гардеробе

девочки. Наличие большого количества вещей синего цвета обусловлено учебной деятельностью девочки, т.к. основной цвет школьной формы – синий (рис. 3).



Рис. 3

Задача проектирования коллекции с нюансным решением индивидуального образа – создать плавный и незаметный переход в гардеробе девочки (табл. 6). По-

этому за основу взята предыдущая палитра цветовых оттенков и изменены силуэты одежды на более свободные (рис. 4).

№	Критерии проектирования	Описание
1.	Источник вдохновения	Мегаполис
2.	Стиль	Повседневно-деловой с элементами нарядной одежды
3.	Ассортимент	Платья, юбки, блузы
4.	Сезон	Весна-лето
5.	Цветовая палитра	



Рис. 4

Основная цель при проектировании коллекции с кардинальным решением – создать гардероб для девочки, который будет соответствовать ее интересам, но при этом с новым взглядом и стилем (табл. 7), что позволит сформировать образ, который сможет быть и консервативным, как предпочтения девочки, и выделяющим детскую непосредственность за счет стилизованного декора.

№	Параметры основного образа	Параметры для кардинального изменения образа выбранного потребителя	Итоговый вариант
1.	Форма – лаконичная, цвет – однотонный	<p>Яркий принт, созданный на основе изученных иллюстраций детских сказок, которые представлены на декоративных полосах.</p> 	
2.	Ассортимент одежды – платье	<p>Конструкция народного костюма, представленного на иллюстрации для детской сказки.</p> 	

3.	Назначение – нарядная одежда (для концертных выступлений)	Совмещение народного и современного стилей для одежды нарядного назначения. Формирование рисунка из кружевного материала, дополненного бахромой, которая напоминает образ «Жар-Птицы». 	
4.	Назначение – нарядная одежда (для концертных выступлений)	Более легкие ткани, формирующие образ «Царевны Лебеди». Вышивка бисером и стеклярусом в цвет основного материала. 	

Источником вдохновения выбрано творчество иллюстраторов сказок: И.Я. Билибина, Е.Д. Поленовой, Ю.А. Васнецова, В.М. Конашевич, Г.И. Нарбута, Б.В. Зворыкина, Б.А. Диодорова. Сочетание лаконичных сложных цветов тканей и оригинального авторского декора позволят представить тематику источника вдохновения (рис. 5).

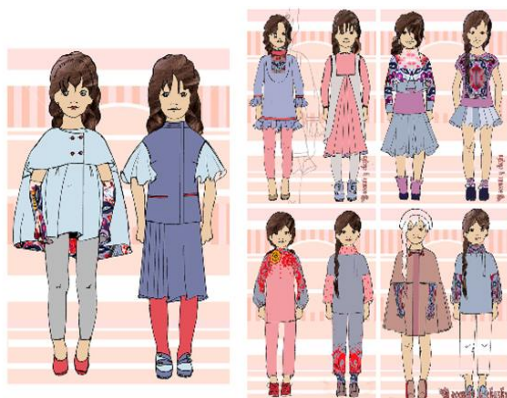


Рис. 5

В результате коллекция одежды соединила в себе "взрослость" стиля одежды девочки и детское сказочное настроение.

В результате работы сформирован авторский текстиль (рис. 6).



Рис. 6

ВЫВОДЫ

В статье изучены и проанализированы особенности проектирования коллекции одежды для индивидуального образа, проанализирована детская мода и этнический стиль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Childrenswear: сайт [vogue childrenswear](https://www.vogue.com/tag/misc/childrenswear). [Электронный ресурс]. 2023. Дата обращения: 07.01.2023. URL: <https://www.vogue.com/tag/misc/childrenswear> (датаобращения: 07.01.2023).

2. Мамедова И.Ю., Мильчакова Н.Е., Дрюкова А.Э. Концепция юзабилити с позиции универсального дизайна // Russian Technological Journal. Т. 10. № 3 (2022). С. 111...120.

3. Мильчакова Н.Е., Соколова М.Л., Жигунова А.И. Концепция ответственности как современное мировоззрение дизайнера // Российский технологический журнал. 2020. №8(2). С.109...121. Doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-2-109-121.

4. Петрова Е.И., Суравцова Ю.С. Современные приемы декорирования в дизайне костюма. СПб.: СПбГУПТД, 2022. 93 с.

5. Суравцова Ю.С., Ткаченко Л. А. Графические выразительные средства и приемы в проектировании детской одежды // Дизайн. Материалы. Технология. 2021. № 1 (61). С. 37...42.

6. Суравцова Ю.С. Петрова Е.И. Исследование как ключевой этап проектирования нарядной одежды в русском стиле для девочек дошкольного возраста // Дизайн. Материалы. Технология. 2020. № 4 (60). С. 99...103.

7. Хамматова В.В., Залютдинова Г.Р. Информационные 3D технологии в проектировании изделий текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5 (401). С. 71...77.

8. Khammatova V.V., Gainutdinov R.F., Khammatova E.A. Analysis of influence of physico-mechanical factors of modified textile materials on the forms of designed models of clothes // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. № 6 (372). С. 93...97.

9. Поступаева Н.В. Сложности определения цветотипа внешности // Инновационная наука. 2021. № 3. С. 157...161.

REFERENCES

1. Childrenswear: vogue childrenswear website. [electronic resource]. 2023. Date of application:

07.01.2023. URL: <https://www.vogue.com/tag/misc/childrenswear> (date of reference: 07.01.2023).

2. Mammadova I.Yu., Milchakova N.E., Dryukova A.E. Usability concept from the position of universal design // Russian Technological Journal. Volume 10, No. 3 (2022). pp. 111...120.

3. Milchakova N.E., Sokolova M.L., Zhigunova A.I. The concept of responsibility as a modern designer's worldview // Russian Technological Journal. 2020. No. 8 (2). pp. 109...121. Doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-2-109-121.

4. Petrova E.I., Suravtsova Yu.S. Modern decorating techniques in costume design: a textbook. Saint Petersburg: SPbGUPTD, 2022. 93 p.

5. Suravtsova Yu.S. Graphic expressive means and techniques in designing children's clothing / Yu.S. Suravtsova, L.A. Tkachenko // Design. Materials. Technology. 2021. No. 1 (61). pp. 37...42.

6. Suravtsova Yu.S. Research as a key stage in designing elegant clothes in the Russian style for girls of preschool age / Yu.S. Suravtsova, E.I. Petrova // Design. Materials. Technology. 2020. No. 4 (60). pp. 99...103.

7. Khammatova V.V., Zalyutdinova G.R. Information 3D technologies in the design of textile and light industry products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022, No. 5 (401). p. 71...77.

8. Khammatova V.V., Gainutdinov R.F., Khammatova E.A. Analysis of influence of physico-mechanical factors of modified textile materials on the forms of designed models of clothes // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. № 6 (372). P. 93...97.

9. Postupaeva N.V. Difficulties in determining the color type of appearance // Innovative science. 2021. № 3. Pp. 157...161.

Рекомендована кафедрой дизайна Казанского национального исследовательского технологического университета. Поступила 05.03.23.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАРКЕРОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ
ПРИМОРСКОГО КРАЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
СОВРЕМЕННОГО РЕГИОНАЛЬНОГО БРЕНДА**

**STUDY OF MARKERS OF THE TERRITORIAL IDENTITY
OF THE PRIMORSKY KRAI IN THE FORMATION
OF A MODERN REGIONAL BRAND**

И.А. ШЕРОМОВА, Л.А. КОРОЛЕВА, Т.А. ЗАЙЦЕВА

I.A. SHEROMOVA, L.A. KOROLEVA, T.A. ZAITCHEVA

(Владивостокский государственный университет)

(Vladivostok State University (VVSU))

E-mail: Irina.Sheromova@mail.ru

В современных условиях укрепления экономических связей с восточными странами актуальной задачей является продвижение экономически привлекательного региона России – Приморского края. Для развития приграничных внешнеполитических и экономических связей дополнительные стимулы создает использование маркетинговых инструментов, в частности, формирование бренда. Одним из эффективных путей брендинга служит использование текстильной сувенирной продукции. В статье освещаются результаты исследования визуальной айдентики Приморского края как атрибута бренда в направлении изменения привычных и стереотипных образов и преобразования их в современные, свежие и интересные для дальнейшего использования символы при проектировании текстильной сувенирной продукции. Сделан вывод о том, что существующие маркеры территориальной идентичности достаточно ограничены и стереотипны, что не позволяет сформировать оригинальный и запоминающийся бренд Приморского края. Проведен комплекс исследований, направленных на расширение визуального ассоциативного ряда образов – маркеров территориальной идентичности Приморья. На основе результатов исследования исторических, географических и этнографических аспектов творческого наследия В.К. Арсеньева, выполненного с использованием контент-анализа, а также анализа культурного достояния народов, исторически населяющих Приморье, результатов проведения анкетного опроса респондентов выявлены новые маркеры территориальной идентичности, представляющие собой яркие и эффектные образы, дающие возможность использовать их в текстильной сувенирной продукции и тем самым участвовать в формировании современного уникального бренда Приморья.

In modern conditions of strengthening economic ties with eastern countries, an urgent task is to promote an economically attractive region of Russia – Primorsky Krai. For the development of cross-border foreign policy and economic relations, additional incentives are created by the use of marketing tools, in particular, the formation of a brand. One of the effective ways of branding is the use of textile souvenirs. The article highlights the results of a study of the visual identity of Primorsky Krai as a brand attribute in the direction of changing the usual and stereotyped images and transforming them into modern, fresh and interesting symbols

for further use when designing textile souvenirs. It is concluded that the existing markers of territorial identity are quite limited and stereotyped, which does not allow the formation of an original and memorable brand of Primorsky Krai. A set of studies aimed at expanding the visual associative range of images - markers of the territorial identity of Primorye has been carried out. Based on the results of the study of historical, geographical and ethnographic aspects of the creative heritage of V.K. Arsenyev, carried out using content analysis, as well as an analysis of the cultural heritage of the peoples historically inhabiting Primorye, the results of a questionnaire survey of respondents, new markers of territorial identity were identified, which are bright and spectacular images that make it possible to use them in textile souvenirs and thereby participate in the formation of a modern unique brand of Primorye.

Ключевые слова: продвижение, бренд, айдентика, территориальная идентичность, Приморский край, сувенир, текстильная продукция, ассоциации.

Keywords: promotion, brand, identity, territorial identity, Primorsky Krai, souvenir, textile products, associations.

Введение

В современных условиях, когда Россия сделала большую ставку на укрепление экономических связей с восточными странами, прежде всего с Индией и Китаем, актуальной задачей является экономическое развитие отдаленных от европейской части регионов России – Сибири и Дальнего Востока. Одним из самых крупных регионов в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) является Приморский край – "ворота" в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР).

Вследствие своего выгодного географического положения, богатой истории освоения, разнообразных природных и культурных ландшафтов, уникального южного климата, особого разнообразия большого числа редких и эндемичных видов животных и растений ключевым фактором для активизации инвестиционного процесса и одним из приоритетных направлений в экономике Приморского края является развитие туристической отрасли.

Однако несмотря на все преференции и преимущества территории в Приморском крае основные показатели уровня развития туризма на сегодняшний день составляют 1,5-2%, что говорит о низкой степени развития отрасли в регионе [1].

Среди основных причин низкой вовлеченности туристов в Приморском крае следует отметить следующие: низкий уровень развития материальной базы и инфраструктуры туризма, а также недостаточный уровень сервиса [2]; низкий уровень вовлечения рекреационного и историко-культурного потенциала Приморского края в туристскую деятельность (не более 10% от существующих возможностей по оценке экспертов) [1]; отсутствие привлекательных национально-колоритных туристских продуктов, недостаточное развитие производства уникальной местной продукции и сувениров [3]; практически полное отсутствие эффективных программ продвижения, неэффективная маркетинговая политика туристских предприятий. Все это вместе взятое значительно сдерживает развитие современной туристической отрасли Приморского края [4].

Создание позитивного имиджа и узнаваемости региона на внутреннем и международном туристских рынках в современных условиях, наряду с традиционными формами продвижения, является одним из новых подходов к решению проблемы восребованности потребителями [3].

Важным фактором продвижения территории, опирающимся на политический, экономический, социокультурный потен-

циал территории и природно-рекреационные ресурсы, а также бренды товаров и услуг, локализованные в определенной географической местности, как известно, служит территориальный бренд как значимое конкурентное преимущество территории, являющийся, в свою очередь, одним из базовых институтов современной рыночной экономики [5].

Формирование бренда определенной территории подразумевает, прежде всего, выявление совокупности уникальных качеств, присущих исключительно данному региону (так называемых "территориальных индивидуальностей"), способных выделить его среди других в сознании потенциальных потребителей территориального продукта [6, 7]. Выполняя функцию идентификации, данные качества индивидуализируют территориальное пространство, визуализируют и сохраняют его социальную и культурную память посредством различных каналов визуальной идентификации: знаков, изображений, образов, инфографики и т. д. В туристической отрасли эти атрибуты активно используют в производстве товаров территориальной идентичности в виде стандартной сувенирной туристской продукции: печатной продукции, канцелярских принадлежностей, магнитов, сувенирных тарелочек, брелоков, значков, чехлов для телефонов, изделий народных художественных промыслов, национальной одежды, украшений и др.

Достаточно значимую роль при продвижении с помощью туристических сувениров играет функциональная сувенирная продукция [8], в том числе одежда различного ассортимента (от верхней одежды до мелких штучных изделий, таких, как платки, шарфы, парео и т.п.), имеющая по сравнению с другими видами сувениров за счет функциональности и более длительного срока эксплуатации большие возможности продвижения региона.

Вместе с тем результаты анализа литературных источников, действующего ассортимента сувенирной продукции, опроса населения и туристов Приморского края показывают, что, во-первых, представленная на рынке Приморского края сувенир-

ная продукция не отличается особым разнообразием. При этом текстильная сувенирная продукция, прежде всего функциональные сувениры в виде предметов одежды, вопреки постоянно растущему к ним интересу со стороны потребителей занимает сравнительно малую долю ассортимента сувениров. Во-вторых, используемая в настоящее время в текстильной продукции символика довольно ограничена и стандартна и базируется на маркерах территориальной идентичности Приморского края, в основном рекламного характера, сформированных в большей степени средствами массовой информации и представляющих собой набор стереотипных символов: тигры, море, отдаленность, дальневосточная кухня, тайга. Это, по нашему мнению, связано с тем, что в настоящее время набор конкретных визуально-графических идентификаторов территории Приморского края не имеет достаточно четких очертаний, хотя в сознании людей Приморский край традиционно связывается с уникальностью природы: красивыми сопками, побережьем незамерзающего Японского моря, завораживающим подводным миром, неповторимой Уссурийской тайгой, горными склонами Сихотэ-Алиня, природными заповедниками, а также с суровыми мужскими профессиями – моряками, рыбаками и военными.

Причины сложившейся ситуации на рынке сувенирной продукции, на наш взгляд, заключаются в том, что в основном при продвижении используется ассоциирование по стандартным образам без учета специфики Приморского края, связанной не только с уникальными природными чертами, но и с многонациональностью, историческими особенностями заселения и трансграничностью региона, что обуславливает своеобразный уникальный сплав в культуре, отличающий край от всех остальных (дальневосточный характер, большое количество переселенцев из Украины в конце 19-го – начале 20-го века, проживание на территории региона коренных народов – удэгейцев, направление "Европа в Азии" и др.). Кроме того, зачастую существующие стереотипные ассо-

циации связаны главным образом с представлениями о столице данного региона, а не с Приморским краем в целом.

На "размытость" образа Приморского края в сознании населения влияет еще и то, что Приморский край весьма неоднороден по факторам и потенциалу развития отдельных районов (например, в Ольгинском районе основными достопримечательностями служат море, рыба; в Тернейском – природные заповедники, места проживания коренных народностей края – удэгейцев и т.п.). Нельзя не отметить и то, что в последнее время территория Дальнего Востока, включая Приморский край, активно развивается и появляются новые культурные объекты, которые еще недостаточно широко нашли отражение в культурном коде Приморья.

Анализ отечественной литературы в области брендинга показал, что в настоящее время несмотря на достаточно большой объем теоретических и практических исследований их результаты используются при формировании брендов разнообразных территорий в основном евроазиатской части страны [9]. Исследования по формированию бренда Дальневосточного региона, включая Приморский край, весьма немногочисленны [10] и посвящены главным образом научному осмыслению обобщенных подходов к брендингу приграничных территорий Дальнего Востока или отдельных практических возможностей и перспектив развития их брендов. Вопросы выявления конкретных отличительных характеристик Приморского края, способных выделить его среди других в сознании потенциальных потребителей территориального сувенирного продукта и послужить основой для создания визуальной айдентики при формировании бренда данного региона с использованием сувенирной текстильной продукции, до сих пор не решались.

Целью настоящей статьи явилось выявление маркеров территориальной идентичности Приморского края при формировании современного регионального бренда с использованием сувенирной текстильной продукции.

Для достижения поставленной цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующего бренда территории Приморского края с выявлением информации о символике Приморья, в том числе используемой в сувенирной текстильной продукции;

- выполнить анализ исходной информации о природных и культурных объектах и явлениях, которые могут быть положены в основу символики Приморского края;

- выявить и сформировать перечень маркеров территориальной идентичности Приморья для использования их в производстве сувенирной текстильной продукции.

Методы исследования

Анализ существующего бренда территории Приморского края проведен по показателям, предложенным Д.В. Соловьевой, С.В. Афанасьевой [11] в рамках комплексного метода анализа позиции бренда. Для предварительного выявления типов ассоциаций, отраженных в сознании и закрепленных в памяти различных категорий населения, использован экспертный опрос специалистов, причастных к истории, этнографии, географии, туристической отрасли Приморского края. Наряду с опросными методами для анализа исходной информации о территориальных индивидуальностях, которые могут быть положены в основу символики Приморья, выбраны неопросные методы исследования, в частности контент-анализ, позволяющий произвести независимый от мнения респондентов количественный анализ текстов и текстовых массивов с целью последующей содержательной интерпретации выявленных числовых закономерностей. При проведении контент-анализа использованы тексты различных литературных и коммуникативных источников о Приморском крае: труды В.К. Арсеньева, сообщения средств массовой информации, рекламные материалы туристических сайтов, тематические посты в соцсетях и т.д. Для обработки результатов контент-анализа использован онлайн-сервис Istio.com.

Для проведения социологических исследований в работе применен маркетинговый опрос среди населения и туристов Приморского края по методике CAWI (Computer Assisted Web Interviewing) на базе платформы Google формы. Количество респондентов составило 128 человек в возрасте от 18 до 55 лет. При составлении вопросов анкеты теоретико-методологической основой явился ассоциативный метод, позволяющий изучить образ (имидж) территории путем установления взаимосвязи между понятием "Приморский край" и возникшей реакцией индивида в определенный момент времени.

Результаты исследования

Первоначально проанализированы существующие в настоящее время основы позиционирования Приморского края. В результате анализа немногочисленных исследований в области брендинга Приморского края выявлено, что в этой области сложилось несколько направлений. Во-первых, Приморский край позиционируется в настоящее время как развитый туристический хаб, важное место в котором занимает экологический туризм (Национальный парк "Зов тигра", Шайганское и Николаевское городища, Государственный природный заповедник "Кедровая падь" и др.). Во-вторых, регион позиционирует себя в роли первопроходца в разработке и реализации новой государственной политики опережающего развития Дальнего Востока. Как отдельный бренд в составе стратегии национального брендинга в области обороны и безопасности, в том числе за пределами региона, позиционируют Тихоокеанский флот России как гарант обеспечения национальной безопасности в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР).

Отдельно как бренд выделяют город Владивосток – столицу Приморского края (слоган "Владивосток – восточные морские ворота России") – как торгово-экономический региональный центр с развитыми коммуникациями, удобной логистикой, наличием портов. Одним из направлений в развитии бренда Владивостока отмечается наличие мостов, являющихся одной из визитных карточек Влади-

востока. Перспективным направлением брендинга Приморья служит брендинг пищевой продукции с применением стратегии ивент-маркетинга (проведение разнообразных гастрономических фестивалей: "Фестиваль мидий", "Фестиваль корюшки", фестиваль дальневосточных гребешков "На гребне!", фестиваль тайги Taigafest, "Держи Краба!" и др.).

На следующем этапе произведен анализ существующего бренда территории Приморского края по позиции "Узнаваемость бренда" (устойчивые и содержательные ассоциации с брендом через его систему идентификаторов).

С этой целью определен набор характеристик (как рациональных, так и эмоциональных), которые целевые аудитории связывают с Приморским краем. Информация о наборе возможных ассоциаций получена путем предварительного анализа всевозможных научных и популярных материалов о Приморском крае, а также проведения глубинных интервью экспертов. Экспертами выступали специалисты, по роду занятий связанные с жизнью региона (краеведы, гиды, руководители туристических организаций, предприниматели, выпускающие сувенирную продукцию).

Кроме того, проведен анализ символов, используемых в официальной геральдике государственных и общественных организаций Приморья, а также айдентики знаковых брендированных предприятий ("Доброфлот", "Приморский кондитер", "Восточная верфь", АО "Дальневосточный завод "Звезда" и др.).

Обобщая вышесказанное, можно выделить конкретные смысловые и визуальные характеристики бренда Приморского края, вызывающие яркие ассоциации в сознании целевой аудитории: своеобразное географическое и трансграничное расположение края, уникальные природные особенности (флора и фауна), пищевая специфика.

В соответствии с полученными предварительными результатами для проведения дальнейших исследований осмысленные и приведенные к единообразию ассоциации сгруппированы по следующим признакам региона: 1) растительный мир; 2) живот-

ный мир; 3) птицы; 4) представители морского мира; 5) блюда (продукты); 6) природные явления; 7) природные объекты; 8) культурные объекты.

В рамках выделенных групп с использованием контент-анализа выявлен перечень конкретных объектов, вызывающих ассоциации у населения и туристов с Приморским краем.

Для наиболее полного охвата предметной области контент-анализ проведен по двум направлениям: историческому (с привлечением творческого наследия В.К. Арсеньева – известного писателя, путешественника, ученого-исследователя Дальнего Востока [12, 13]) и современному (с использованием разнообразных коммуникативных материалов о Приморском крае).

За единицу анализа в работе приняты слова и словосочетания, отражающие специфику природных, социально-бытовых, социально-культурных и экономических ресурсов территории региона.

Исходя из цели проведения данного контент-анализа, предусматривающей выявление определенных символов для брендинга Приморского края, при измерении приняты следующие правила, поясня-

ющие способы категоризации и классификации наблюдений:

1. Слова должны отличаться уникальностью и отражать специфику Приморского края (тигр, женьшень, сопка и т.п.). Общеупотребительная лексика (вода, идти, хлеб, дом и т.п.) не подлежит рассмотрению.

2. За единицу анализа могут браться однокоренные слова различных частей речи как в единственном, так и во множественном числе (лес, лесистый, лесной), отражающие основной смысл.

3. Географические названия во внимание не принимаются, за исключением общеизвестных, прочно вошедших в обиход, например, Уссури, Сихотэ-Алинь.

4. Лексические единицы с частотой встречаемости 2 и менее для анализа не рассматриваются.

5. Лексические единицы, вызывающие негативные ассоциации (мошка, комары, панты и т.п.), несмотря на высокую частоту встречаемости не рассматриваются.

В основу системы кодирования положена характеристика содержания текста – частота, позволяющая произвести подсчет частоты встречаемости в тексте специфичных слов.

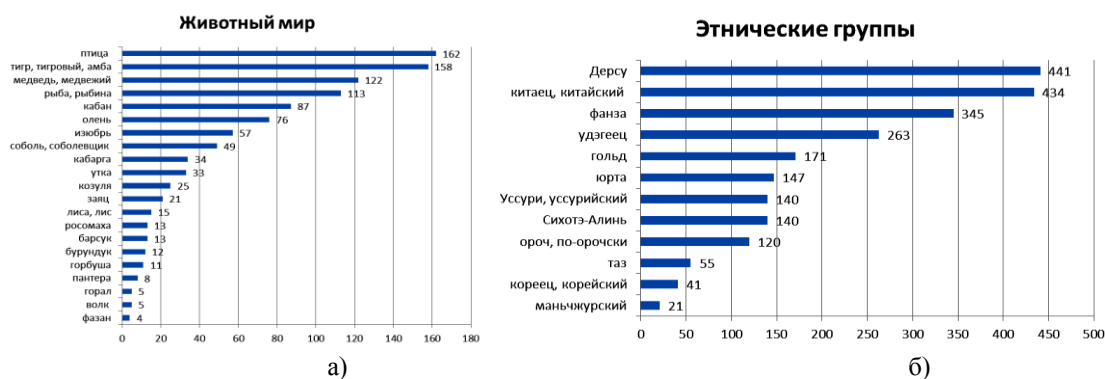


Рис. 1

В результате компьютерной обработки текстов произведений В.К. Арсеньева выявлены 74 лексические единицы, характеризующие различные аспекты Приморья: богатство и природное разнообразие животного и растительного мира, специфические климатические явления и ландшафты,

характерные только для Приморья, в соответствии с которыми выявлены следующие 5 укрупненных групп: природа, животный мир, растительный мир, море, этнические группы. Категорию "Море" из-за достаточно большого количества слов (12 единиц) по морской тематике сочли целе-

сообразным выделить из категории "Природа". Среди выделенных ранее 8 типов ассоциаций в рассматриваемых произведениях не отражены блюда (продукты) и культурные объекты, что вполне закономерно для исторических произведений географического профиля. Самой многочисленной оказалась категория "Животный мир" (21 единица) ввиду большого разнообразия животных, обитающих в Приморье, а также за счет включения группы птиц. Встретилось достаточно большое количество слов, характеризующих народности, исторически населявшие земли Приморского края. Эти лексические единицы объединены в категорию "Этнические группы" (рис. 1 – результаты контент-анализа по группам: а – "Животный мир"; б – "Этнические группы").

В группе "Растительный мир" вызывает интерес высокая частота встречаемости такой единицы, как лес и все, что связано с ним. Очевидно, что Приморье – богатейший лесной край, тайга с хвойными и лиственными деревьями. Причем встречаются названия таких уникальных растений, как леспедеца, багульник (рододендрон), папоротник. В существующем в настоящее время стандартном ассоциативном ряду эта сторона практически не подчеркивается, что, несомненно, стоит учесть при формировании современного бренда Приморского края. Среди общеизвестных животных, типа тигра, появляется пантера. Так, Арсеньев В.К. называет редкого и необычайно красивого дальневосточного леопарда.

Что касается результатов контент-анализа современных коммуникативных источников, то можно отметить в основном выявление аналогичных характеристик (море, сопки, тайга, тигр и т.п.), однако в современном материале, чаще всего рекламного характера, этническая тема почти не прослеживается, но появляется такая категория, как блюда дальневосточной кухни (морепродукты, крабы, и т.п.), а также представители морского мира.

С учетом выявленных характеристик Приморского края на следующих этапах исследования проведено двойное анкети-

рование с целью формирования перечня объектов, которые вызывают у населения и туристов ассоциации с Приморским краем и могут быть рекомендованы для использования в дизайн-оформлении сувенирной текстильной продукции. Для выявления цветовой гаммы в айдентике бренда дополнительно введена соответствующая позиция.

В качестве респондентов в опросе приняли участие 128 человек, как проживающих на территории Приморья, так и населяющих Хабаровский, Красноярский, Забайкальский края, Иркутскую, Амурскую и Камчатскую области, города Москву, Санкт-Петербург, Новосибирск. Из них 79,4% - женщины и 20,6% - мужчины. Так как анкетирование проводилось в форме онлайн-опроса, респондентами стали люди, активно пользующиеся социальными сетями и Интернетом. Основная возрастная категория респондентов, представленных в большей части учащимися, рабочими и служащими, составила от 18 до 55 лет.

На первом этапе анкетирования респондентам предлагалось отметить смысловые ассоциации, вызванные стимулами, выбрав их из предложенного набора всех выявленных в ходе предварительного анализа характеристик. В случае отсутствия в списке необходимой альтернативы предлагалось представить свой вариант.

Основываясь на полученных на первом этапе анкетирования данных (табл. 1 – перечень наиболее частых ответов респондентов), на втором этапе провели углубленное анкетирование, направленное на сужение ассоциативного ряда из представленного в таблице списка в соответствии с целью дальнейшего его использования при дизайн-оформлении сувенирной текстильной продукции.

На основе данных, полученных в результате двух опросов, сформирован перечень объектов, которые войдут в основу визуальной айдентики Приморского края для оформления сувенирной текстильной продукции: амурский тигр; дальневосточный леопард; папоротник-орляк; лотос; краб; гребешок; дальневосточный аист;

утка-мандаринка; туман; Золотой мост. В цветовой гамме преобладают цвета синий,

зелёный, голубой, бирюза.

Т а б л и ц а 1

Категория	Ответы
Растения	Женьшень, лотос, папоротник, багульник, шиповник
Животные	Тигр
Птицы	Чайка, ворона, утка-мандаринка, ласточка, воробей, журавль
Представители морского мира	Краб, гребешок, трепанг, морской ёж
Блюда	Морепродукты, гребешок, краб, пянсе, морская капуста
Природные явления	Туман, тайфун, ветер, дождь, шторм
Природные объекты	Море, сопки, горы, лес, Пидан
Культурные объекты	Театры, мосты, океанариум, памятники, музеи, Золотой мост
Цвета	Синий, зелёный, голубой, бирюза

ВЫВОДЫ

Обобщая полученные результаты проведенных исследований, можно заключить, что прежде всего происходит отождествление бренда с природой. Полученный при анкетировании набор символов в целом расширяет существующий в настоящее время стандартный перечень. Кроме того, предложенные ассоциации отличаются яркостью и эффектностью образов. В то же время в сформированном ассоциативном ряду отмечено отсутствие выявленных достаточно значимых характеристик Приморского края: например, лес и все, что связано с ним, некоторые широко распространенные, помимо стереотипных, виды животных (медведь, изюбрь и др.) и растений (багульник, леспедеца и др.). Совершенно не вызывает ассоциаций с Приморским краем, как оказалось, и этническая составляющая, характеризующая Приморье как регион, населенный представителями уникальных народностей удэгейцев. Причинами этого, на наш взгляд, в первую очередь служит недостаточная популяризация в средствах массовой информации краеведческих материалов, результатов научных исследований и художественной литературы о Приморском крае. Вместе с тем указанная проблема еще больше подчеркивает значимость дальнейшей работы в направлении расширения и обогащения атрибутов бренда за счет появления новых эксклюзивных маркеров территориальной идентичности в символике края с целью использования их в производстве сувенирной текстильной

продукции. Это, несомненно, будет способствовать распространению информации об исторической, природной, этнокультурной ценности Приморского края, тем самым формируя и продвигая современный региональный бренд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриенко О. С. Анализ состояния туризма в Приморском крае. Сильные и слабые стороны отрасли // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2015. № 2(29). С. 166...171.
2. Коваленко О.Г. Развитие туризма в Приморском крае: состояние и перспективы развития // Researchleader 2021: сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 12 апреля 2021 года. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства "Новая наука" (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2021. С. 318...325.
3. Лехтянская Л.В., Римская Т.Г. Туризм – одно из приоритетных направлений экономического развития Дальнего Востока // Проблемы и перспективы развития туризма в Приморском крае: сборник научных статей / под ред. Ю.А. Наумова. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2019. С. 86...97.
4. Забелина Т.И., Реснянская М.А. Анализ факторов развития туризма в Приморском крае // Фундаментальные исследования. 2018. № 5. С. 47...52; URL: <https://fundamentalresearch.ru/ru/article/view?id=42141> (дата обращения: 02.11.2022).
5. Казнина О.В. Механизм создания бренда на примере бренда территории // Бренд-менеджмент. 2017. № 1. С. 18...29.
6. de Almeida, G. G. F., & Cardoso, L. Discussions between place branding and territorial brand in regional Development—A classification model proposal for a territorial brand. Sustainability (Switzerland), 2020, 14 (11) doi:10.3390/su14116669
7. Wu, Y., & Shen, M. The design of city brand visual image recognition system. Paper presented at

the Proceedings of IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers, IPEC 2021, 938-941. doi:10.1109/IPEC51340.2021.9421136

8. Шаталов Г., Косых В. Туристический сувенир. От идеи до туриста. СПб.: Изд-во Питер, 2021. 352 с.

9. Москаленко Е.В., Воронцова Г.В. Опыт использования брендинга территории в России // НаукаПарк. 2017. № 4(55). С. 47...50.

10. Данилова Е.А., Шайхитдинов А.В. Брендинг приграничных территорий Дальнего Востока Российской Федерации как фактор повышения качества жизни населения региона // Вестник Томского государственного университета. 2021. № 462. С. 96...102. DOI: 10.17223/15617793/462/12

11. Соловьева Д.В., Афанасьева С.В. Маркетинговый анализ позиции бренда на рынке: комплексный метод // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. 2013. № 1. С. 31...68.

12. Арсеньев В.К. По Уссурийскому краю (Дерсу Узала): Путешествие в горную область Сихотэ-Алинь // Собр. соч.: в 6 т. / под ред. ОИАК. Владивосток: Альманах "Рубеж", 2007. Т. I. 704 с.

13. Арсеньев В.К. В горах Сихотэ-Алиня. Издательство "Т8", 2019. 384 с.

REFERENCES

1. Dmitrienko O.S. Analysis of the state of tourism in PrimorskyKrai. Strengths and weaknesses of the industry // The territory of new opportunities. Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service. 2015. № 2(29). P. 166...171.

2. Kovalenko O.G. Tourism development in Primorsky Krai: state and prospects of development // Research leader 2021: collection of articles of the International Research Competition, Petrozavodsk. April 12, 2021. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (Individual entrepreneur Ivanovskaja Irina Igorevna), 2021, p. 318...325.

3. Lehtjanskaja L.V., Rimskaja T.G. Tourism is one of the priority directions of economic development of the Far East // Problems and prospects of tourism development in the Primorye Territory: collection of scientific articles / edited by Ju.A. Naumova. Vladivostok: Publishing house VVSU, 2019. P. 86...97.

4. Zabelina T.I., Resnjanskaja M.A. Analysis of factors of tourism development in PrimorskyKrai // Fundamental research. 2018. № 5. – P. 47...52; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42141> (date of application: 02.11.2022).

5. Kaznina O.V. The mechanism of brand creation on the example of the territory brand // Brand-management. 2017. № 1. P. 18...29.

6. de Almeida, G.G. F., & Cardoso, L. Discussions between place branding and territorial brand in regional Development—A classification model proposal for a territorial brand. Sustainability (Switzerland), 2020, 14(11) doi:10.3390/su14116669

7. Wu, Y., & Shen, M. The design of city brand visual image recognition system. Paper presented at the Proceedings of IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers, IPEC 2021, 938-941. doi:10.1109/IPEC51340.2021.9421136

8. Shatalov G., Kosyh V. A tourist souvenir. From an idea to a tourist. Peter Publishing House LLC, 2021. 352 p.

9. Moskalenko E.V., Voroncova G.V. Experience of using territory branding in Russia // SciencePark. 2017. № 4(55). P. 47...50.

10. Danilova E.A., Shajhitdinov A.V. Branding of the Border territories of the Russian Far East as a factor in improving the quality of life of the Region's population / Bulletin of Tomsk State University. 2021. № 462. P. 96...102. DOI: 10.17223/15617793/462/12

11. Solov'eva, D.V., Afanas'eva S.V. Marketing analysis of the brand's position in the market: a comprehensive method // Bulletin of St. Petersburg University. Management. 2013. № 1. P. 31...68.

12. Arsen'ev V.K. In the Ussuri region (Dersu Uzala): A trip to the Sikhote-Alin mountain region. Collected works in 6 volumes. Volume I / Edited by OIAK. Vladivostok, the Almanac "Rubezh", 2007. 704 p.

13. Arsen'ev V.K. In the mountains of Sikhote-Alin. T8 Publishing House, 2019. 384 p.

Рекомендована кафедрой дизайна и технологий Владивостокского государственного университета. Поступила 01.03.23.

УДК 677.494

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_234

**КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫЕ НИТИ
С УСТОЙЧИВЫМ ФТОРОПЛАСТОВЫМ ПОКРЫТИЕМ***

**COMPLEX TEXTILE POLYPROPYLENE YARNS
WITH STABLE FLUOROPLASTIC COATING**

Н.П. ПРОРОКОВА, С.Ю. ВАВИЛОВА

N.P. PROROKOVA, S.Yu. VAVILOVA

(Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук)

(G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences)

E-mail:

В статье представлен простой и эффективный способ получения текстильных полипропиленовых нитей с устойчивым покрытием на основе политетрафторэтилена (фторопласта). Способ реализуется на стадии получения полипропиленовых нитей из расплава. Он основан на формировании на поверхности каждого филамента, образующего нить, ультратонкого, сплошного, равномерного покрытия из политетрафторэтилена. Показано, что такая нить обладает повышенной прочностью и чрезвычайно высокой хемостойкостью. Нанесенное покрытие обладает высокой устойчивостью к эксплуатационным воздействиям. Рассмотрено влияние на свойства полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием введения в структуру покрытия малых количеств биологически активных наночастиц магнетита. Установлено, что полипропиленовая нить с модифицированным наночастицами фторопластовым покрытием приобретает барьерные антимикробные свойства. Снижается ее поверхностное электрическое сопротивление.

The article presents a simple and effective method for obtaining textile polypropylene yarns with a stable coating based on polytetrafluoroethylene (fluoroplast). The method is applied at the stage of melt-spinning of polypropylene yarns. It is based on the formation of an ultrathin, continuous and even coating of polytetrafluoroethylene on a surface of each yarn-forming filament. It is shown that such yarns had increased strength and extremely high chemical resistance. The applied coating has a high resistance to operational influences. The influence of

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание рег. № НИОКИРАААА-А21-122040500050-5)

the introduction of small amounts of biologically active nanoparticles of magnetite into the coating structure on the properties of polypropylene yarns with a fluoroplastic coating is considered. It has been established that a polypropylene yarn with a fluoroplastic coating modified with nanoparticles acquires barrier antimicrobial properties. Its surface electrical resistance decreases.

Ключевые слова: полипропиленовые нити, политетрафторэтилен, фторопластовое покрытие, наночастицы магнетита, прочность, хемостойкость, антимикробные свойства, поверхностное электрическое сопротивление.

Keywords: polypropylene yarns, fluoroplastic coating, magnetite nanoparticles, strength, chemical resistance, antimicrobial properties, surface electrical resistance.

Волокна, нити и ткани, обладающие высокой химической стойкостью, пользуются постоянным высоким спросом. Они применяются для изготовления тканей для фильтрации горячих газов и сильно агрессивных жидкостей, кислотоупорных набивок для центробежных насосов, спецодежды и других изделий. Как известно, максимально высокой химической стойкостью обладают фторсодержащие волокнистые материалы, особенно волокна из политетрафторэтилена (ПТФЭ) – Teflon®, Toyoflon®, Polifen®. Однако переработка ПТФЭ (фторопласта) в волокна затрудняется из-за того, что этот полимер не может быть переведен в расплав без разложения и не растворяется в известных растворителях. Для получения волокон и нитей из фторопласта разработан принципиально новый метод, отличающийся от методов получения других синтетических волокон [1...5]. Он основан на формировании волокон из загущенной специальным полимером-загустителем водной дисперсии ПТФЭ. Такие волокна подвергаются быстрому нагреву до 380-390 °С, в процессе которого полимер-загуститель разрушается и удаляется в виде газообразных веществ, а ПТФЭ спекается до начала разложения. Для упрочнения волокон и нитей они подвергаются дополнительному ориентационному вытягиванию при повышенной температуре. Описанный способ является технологически сложным, энергоемким, экологически опасным и дорогостоящим.

Возможно также получение нитей из фторполимеров методом электроформования полимерных растворов. Однако в связи с тем, что растворимыми является лишь крайне малое количество фторполимеров, такой способ применим только к фторопластам Ф-42, Ф-32, Ф-26 [6,7].

В последние десятилетия начато получение волокон из фторопласта методом твердофазного формования, в основе которого лежит явление сверхпластичности ПТФЭ, обнаруженное при исследовании ориентационного деформирования полимеров под гидростатическим давлением [8,9]. Новый метод является более простым и безопасным. Однако, хотя стоимость волокон на основе фторопласта, полученных по новому способу, несколько снижается, она все же остается чрезвычайно высокой, что связано с дороговизной сырья.

Перспективным путем снижения материалоемкости и, как следствие, стоимости волокон и нитей является замена нитей из фторопласта на бикомпонентные нити, сердцевина которых состоит из дешевого термопластичного волокнообразующего полимера, например полипропилена (ПП), а на поверхности находится слой фторопласта. Известно, что многие бикомпонентные полимерные волокна типа ядро-оболочка получают методом электроформования [10...12]. В частности, авторам работы [13] удалось с помощью коаксиального электроформования получить волокна, ядро которых состоит из поли-(ε-капролактона), а оболочка – из тефлона

АФ, который представляет собой сополимер перфтордиметилдиоксида и тетрафторэтилена. Однако, в отличие от менее химически стойкого тефлона АФ, ПТФЭ, обладающий нулевым дипольным моментом, не пригоден к электроформованию. В связи с низкой адгезионной способностью ПТФЭ невозможно также формирование на поверхности полипропиленовой нити устойчивого покрытия путем нанесения дисперсии ПТФЭ обыкновенной пропиткой или пульверизацией. Неустойчивым к эксплуатационным воздействиям является также и покрытие из фторопласта, нанесенное на синтетические волокнистые материалы методом магнетронного напыления.

В Институте химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук разработан новый способ получения ПП нити с покрытием на основе фторопласта, при реализации которого для обеспечения адгезии фторопласта к ПП использовали нанесение разбавленной суспензии ПТФЭСФ-4Д (ООО «Галополимер», Россия) на поверхность полутвержденной, еще горячей, ПП нити при формовании ее из расплава, на стадии замасливания. За счет ориентационного вытягивания при повышенных температурах нити с нанесенным фторопластом обеспечивались ориентация и перераспределение ПТФЭ, приводящие к формированию ультратонкого, сплошного, равномерного покрытия. Способ защищен двумя патентами РФ (№№ 2522337 и 2522338).

Известно, что степень ориентации макромолекул термопластичного полимера, которая в значительной степени определяет прочностные свойства нити, увеличивается с увеличением кратности вытягивания [14]. При повышении температуры вытягивания снижается взаимодействие между макромолекулами волокнообразующего полимера. В результате появляется возможность получения нитей с более высокой степенью ориентации, совершенной структурой и высокой прочностью. Однако максимальная температура вытягивания лимитируется температурой размягчения нити, при которой ее переработка сильно

затруднена. В связи с этим максимальное значение температуры ориентационного вытягивания стандартной ПП нити составляет 123 – 125 °С. Нанесение на поверхность ПП нити покрытия из ПТФЭ позволяет повысить температуру ориентационного вытягивания модифицированной нити. Экспериментально установлено, что максимально возможная температура вытягивания такой нити приближается к температуре плавления ПП и составляет 155 °С [15, 16].

О влиянии температуры ориентационного вытягивания на прочность нити можно судить по данным, представленным в табл. 1 (разрывная нагрузка и удлинение ПП нити с ПТФЭ покрытием после ориентационного вытягивания [15]).

Таблица 1

Максимальная температура ориентационного вытягивания, °С	Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %
Стандартная ПП нить		
125	395 ± 15	34,3 ± 2,8
ПП нить с ПТФЭ покрытием		
135	439 ± 30	46,0 ± 2,2
145	484 ± 16	45,8 ± 3,9
155	630 ± 61	45,4 ± 4,4

Как видно из табл. 1, максимальное повышение прочности (59 %) наблюдается при наиболее высокой температуре ориентационного вытягивания нити (155 °С).

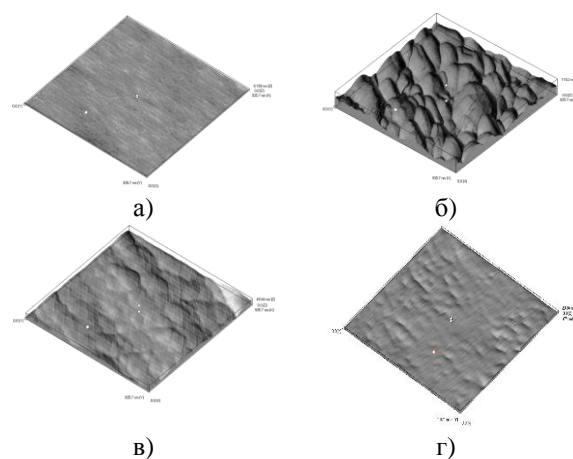


Рис. 1

Данные атомно-силовой микроскопии, представленные на рис. 1 (морфология по-

верхности полипропиленовой пленки: а – исходной; б – неориентированной пленки с фторопластовым покрытием; в – пленки с фторопластовым покрытием, подвергнутой ориентационному вытягиванию при температурах 118-123 °С; г – пленки с фторопластовым покрытием, подвергнутой ориентационному вытягиванию при температурах 120-155 °С. Метод атомно-силовой микроскопии. Область сканирования 1,875 x 1,875 мкм), позволяют оценить изменение морфологии ПП материала с нанесенным фторопластовым покрытием в процессе ориентационного вытягивания [15].

Из рисунка следует, что исходная пленка имеет гладкую поверхность со средним значением шероховатости 9 нм (рис. 1, а). Видно, что фторопластовое покрытие неориентированной пленки носит зернистый характер. Средний диаметр зерен, просматривающихся в структуре покрытия (200...300 нм), соответствует размеру частиц суспензии, заявленному производителем (60...400 нм). Это свидетельствует о том, что уже на стадии нанесения на ПП подложку частицы суспензии фторопласта объединяются в единое целое, образуя сплошное покрытие. Шероховатость неориентированной пленки составляет в среднем 120 нм (рис. 1, б).

Ориентационное вытягивание способствует сглаживанию и выравниванию поверхности покрытия. Уровень шероховатости ориентированной пленки в значительной степени определяется температу-

рой ориентационного вытягивания. Вытягивание при традиционных для получения ориентированной ПП нити температурах 118-125 °С приводит к снижению шероховатости пленки до 50 нм (рис. 1, в). Шероховатость пленки, вытянутой при температурах 120-155 °С, снижается до уровня исходной и составляет 8,8 нм (рис. 1, г). Следует отметить, что сформированное покрытие обладает хорошей устойчивостью к истиранию, что свидетельствует о высокой адгезии ПТФЭ покрытия к ПП подложке [15].

Появление на поверхности ПП нити покрытия, характеризующегося низкой поверхностной энергией, приводит к снижению коэффициента трения с 0,2 до 0,04, т.е. модифицированная нить приобретает значения коэффициента трения, равные коэффициенту трения ПТФЭ.

Химическую стойкость модифицированной нити оценивали по изменению ее разрывной нагрузки после продолжительного воздействия агрессивных жидкостей – концентрированного раствора гидроксида натрия и концентрированной азотной кислоты, являющейся одновременно сильным окислителем. Полученные результаты представлены в табл. 2 (разрывная нагрузка и удлинение ПП нитей с ПТФЭ покрытием после кипячения в растворе гидроксида натрия концентрации 5 моль/л в течение 3 часов и выдерживания в концентрированной азотной кислоте в течение 24 часов при температуре 25 °С).

Т а б л и ц а 2

Максимальная температура ориентационного вытягивания, °С	Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %	После воздействия агрессивных жидкостей	
			Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %
Стандартная ПП нить до и после воздействия гидроксида натрия				
125	395 ± 15	34,3 ± 2,8	365 ± 14	53,1 ± 3,6
Стандартная ПП нить до и после воздействия концентрированной азотной кислоты				
125	395 ± 15	34,3 ± 2,8	290 ± 14	41,2 ± 3,6
ПП нить с ПТФЭ покрытием до и после воздействия гидроксида натрия				
155	630 ± 61	45,4 ± 4,4	596 ± 28	46,1 ± 3,5
ПП нить с ПТФЭ покрытием до и после воздействия конц. азотной кислоты				
155	630 ± 61	45,4 ± 4,4	732 ± 71	35,8 ± 3,7

Данные таблицы свидетельствуют, что прочность стандартной ПП нити под действием концентрированных щелочей и кислот уменьшается на 8...27% соответственно. Воздействие агрессивных жидкостей на ПП нить с ПТФЭ покрытием не приводит к потере ее прочности. Отсутствие потери прочности модифицированной ПП нити свидетельствует о том, что ПТФЭ покрытие, защищающее ее поверхность, является сплошным и его структура не имеет дефектов.

Исследование выносливости ПП нити с ПТФЭ покрытием к истиранию показало, что такая нить обладает высокой устойчивостью к эксплуатационным воздействиям [15].

Таким образом, установлено, что ПП нить с устойчивым ПТФЭ покрытием обладает чрезвычайно высокой химической стойкостью, низким коэффициентом трения, отличается высокой прочностью. Кроме того, она значительно дешевле нитей, полностью состоящих из фторполимеров [15, 16]. Однако такая нить сильно электризуется в процессе эксплуатации.

Для снижения электризуемости нити в структуру покрытия вводили небольшое количество металлосодержащих наночастиц, которые, как известно, позволяют регулировать многие свойства волокнистых материалов [17...19]. В настоящей работе были использованы наночастицы магнетита, которые не только снижают поверхностное электрическое сопротивление ПТФЭ покрытия, но и характеризуются высокой антибактериальной активностью

[20-24]. Наночастицы магнетита были синтезированы в соответствии с методикой, описанной в [25].

Предварительными исследованиями было показано, что высокая прочность ПП нити с ПТФЭ покрытием, а также равномерность и бездефектность покрытия сохраняется лишь при отсутствии в его структуре крупных включений [25, 26]. Т.к. неотъемлемым свойством наночастиц является склонность к образованию ассоциатов, в целях снижения интенсивности процесса ассоциации наночастиц магнетита их использовали в стабилизированной форме. Поскольку процесс ориентационного вытягивания нити осуществляется при повышенных температурах, в качестве стабилизатора было выбрано термостойкое поверхностно-активное вещество – стеарат натрия. Для дополнительного уменьшения размеров образующихся ассоциатов наночастиц их подвергали ультразвуковому воздействию на стадии синтеза. Перед формированием покрытия на ПП нити композицию на основе ПТФЭ с введенным в нее магнетитом обрабатывали ультразвуком повторно.

Об изменении поверхностного электрического сопротивления ПП нити с ПТФЭ покрытием после введения в него наночастиц магнетита можно судить по данным, представленным в табл. 3 (поверхностное электрическое сопротивление ПП нитей с покрытием на основе ПТФЭ, содержащим наночастицы магнетита).

Т а б л и ц а 3

Состав композиции, %			Поверхностное электрическое сопротивление, Ом
ПТФЭ	Магнетит	Стеарат натрия	
Стандартная ПП нить			
0	0	0	$4,5 \cdot 10^{14}$
ПП нить с ПТФЭ покрытием			
10,0	0	0	превышает область измерений прибора
ПП нить с покрытием, сформированным обработанной УЗ композицией на основе ПТФЭ и стабилизированного стеаратом натрия магнетита			
10,0	1,0	1,0	$5,7 \cdot 10^8$

Из таблицы следует, что введение наночастиц магнетита в ПТФЭ покрытие способствует значительному снижению поверхностного электрического сопротивления нити.

Оценивалась также способность ПП нитей с покрытием на основе ПТФЭ, содержащим наночастицы магнетита, подавлять жизнедеятельность патогенных мик-

роорганизмов. Стабилизированные частицы магнетита внедрены в структуру покрытия и не могут диффундировать наружу. В связи с этим антимикробные свойства нитей с покрытиями оценивали счетным методом, который обычно применяется для оценки биоцидных свойств немигрирующих препаратов [27, 28]. Для ускорения определения количества колоний микроорганизмов использовали нефелометрический способ [29]. Подробно методика эксперимента описана в работе [30]. Снижение микробного обсеменения тест-

объектов по отношению к аналогичному показателю контрольного тест-объекта (физиологического раствора) оценивали в баллах. Результаты оценки микробиологической активности ПП нити с ПТФЭ покрытием, содержащим частицы магнетита, по отношению к тестовым *грам*-положительным, *грам*-отрицательным бактериям и микрогрибам приведены в табл. 4 (антимикробные свойства ПП нити с ПТФЭ покрытием, содержащим стабилизированные наночастицы магнетита) [26].

Т а б л и ц а 4

Вид ПП нити	Ингибирование жизнедеятельности патогенных микроорганизмов, балл./ %		
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Candida albicans</i>
Стандартная ПП нить	2 / 39	2 / 46	2 / 41
ПП нить с ПТФЭ покрытием	3 / 90	3 / 93	3 / 90
ПП нить с ПТФЭ покрытием, содержащим 1,0 % стабилизированного магнетита	5 / 99	4 / 97	4 / 94

Из таблицы следует, что в присутствии нитей с покрытиями происходит значительное снижение количества колоний патогенных бактерий, то есть нити с ПТФЭ покрытием, содержащим частицы магнетита, обладают отличным антибактериальным эффектом относительно *грам*-отрицательных бактерий *Escherichia coli* и хорошим эффектом относительно *грам*-положительных бактерий *Staphylococcus aureus*. На жизнедеятельность микрогрибов *Candida albicans* эта нить оказывает удовлетворительное ингибирующее воздействие. Следует отметить, что антимикробное действие модифицированной нити проявляется при непосредственном ее контакте с микроорганизмами, т.е. ПП воло-

кнастые материалы с ПТФЭ покрытием, содержащим стабилизированные частицы магнетита, обладают барьерными антимикробными свойствами.

О влиянии введения в структуру ПТФЭ покрытия наночастиц магнетита на хемостойкость ПП нитей с покрытием судили на основании данных, представленных в табл. 5 (разрывная нагрузка и удлинение ПП нитей с ПТФЭ покрытием, содержащим стабилизированный магнетит, после кипячения в растворе гидроксида натрия концентрации 5 моль/л в течение 3 ч и выдерживания в концентрированной азотной кислоте в течение 24 ч при температуре 25°C).

Т а б л и ц а 5

Без обработки		После кипячения в растворе NaOH (конц.)		После выдерживания в HNO ₃ (конц.)	
Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %	Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %	Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %
Стандартная ПП нить					
583 ± 23	33,6 ± 3,7	539 ± 21	52,0 ± 4,8	428 ± 22	40,4 ± 4,1
ПП нить с ПТФЭ покрытием					
643 ± 16	38,6 ± 2,7	728 ± 19	44,9 ± 3,3	748 ± 19	27,0 ± 2,9
ПП нить с покрытием, сформированным обработанной УЗ композицией на основе ПТФЭ и стабилизированного стеаратом натрия магнетита					
658 ± 23	32,0 ± 1,7	720 ± 17	45,2 ± 3,1	761 ± 25	24,3 ± 1,7

Как видно из таблицы, химическая стойкость ПП нитей с ПТФЭ покрытием, содержащим стабилизированный магнетит, не уступает химической стойкости ПП нитей с ПТФЭ покрытием. Таким образом, ПП нить с покрытием на основе ПТФЭ после введения в структуру покрытия магнетита сохраняет экстремально высокую химическую стойкость. Кроме того, в работе [31] показано, что такое изменение структуры не оказывает отрицательного влияния на адгезию ПТФЭ покрытия к ПП подложке.

ВЫВОДЫ

Предложен оригинальный метод формирования на ПП нити устойчивого к эксплуатационным воздействиям покрытия, обеспечивающего придание нити комплекса новых эксплуатационных характеристик. Наличие в составе покрытия ПТФЭ обеспечивает возможность реализации ориентационного вытягивания при температурах, превышающих стандартные, что приводит к значительному повышению прочности нитей. Введение в покрытие наноразмерных частиц магнетита, обладающих биологической активностью и проводимостью, обеспечивает придание нити барьерных антимикробных свойств и пониженного поверхностного электрического сопротивления. Нить с покрытием на основе ПТФЭ, содержащим стабилизированные наночастицы магнетита, проявляет также экстремально высокую химическую стойкость, подобную химической стойкости фторполимерных нитей.

Все перечисленные свойства нити с покрытием на основе ПТФЭ, содержащим стабилизированные наночастицы магнетита, делают ее пригодной для изготовления интерьерных материалов, которые можно эксплуатировать в салонах транспорта, а также в местах большого скопления детей, людей с ослабленным иммунитетом, с проблемами физического развития, престарелых – в детских садах, интернатах, больницах, домах престарелых.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Moncrieff R.W.* Man-Made Fibres. N.-Y.: John Wiley and Sons, Inc, 1975. 1086 p.

2. *Сигал М.Г., Козиорова Т.Н.* Синтетические волокна из дисперсий полимеров. М.: Химия, 1972.

3. *Лазар М., Радо Р., Климан Н.* Фторопласты; перевод со словац. Г.М. Гольдберга / под ред. С.А. Яманова. М.-Л.: Энергия, 1965.

4. *Роговин З.А.* Основы химии и технологии химических волокон. Т.2. М.: Химия, 1974.

5. *Варшавский В.Я.* Волокна из фторсодержащих полимеров // Карбоцепные синтетические волокна / под ред. К.Е. Перепелкина. М.-Л.: Химия, 1972.

6. *Козлов В.А., Филатов Ю.Н., Наумова Ю.А.* Исследование процесса электроформования смесей фторполимеров и свойств получаемых материалов // Вестник МИТХТ. 2011. Т. 6. № 1. С. 22...25.

7. *Бузник В.М.* Сверхгидрофобные материалы на основе фторполимеров // Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 29...34

8. *McGee R.L., Collier J.R.* Solid State Extrusion of Polytetrafluoroethylene Fibers // Polymer Eng.&Sci. 1986, 26. P. 239...242.

9. <http://www.formoplast-spb.ru/volokna-f4/>

10. *Sun Z., Zussman E., Yarin A.L., Wendorff J.H., Greiner A.* Compound Core – Shell Polymer Nanofibers by Co-electrospinning // Adv. Mater. 2003, 15. P. 1929...1932.

11. *Zhang Y., Huang Z.-M., Xu X., Lim C.T., Ramakrishna S.* Preparation of Core – Shell Structured PCL-r-Gelatin Bi-component Nanofibers by Coaxial Electrospinning // Chem Mater. 2004, 16. P. 3406...3409.

12. *Sun B., Duan B., Yuan X.Y.* Preparation of Core/Shell PVP/PLA Ultrafine Fibers by Coaxial Electrospinning // J. Appl. Polym. Sci. 2006, 102. P. 39...45.

13. *Han D., Steckl A.J.* Superhydrophobic and Oleophobic Fibers by Coaxial Electrospinning // Langmuir. 2009, 25. P. 9454...9462.

14. *Завадский А.Е., Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П.* Особенности ориентационных процессов в кристаллических и аморфных областях полипропилена при формировании нитей // Химические волокна. 2017. №1. С. 11...15.

15. *Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M.* A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // Journal of Fluorine Chemistry. 2017. 204. P. 50 ... 58.

16. *Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю.* Объемное и поверхностное модифицирование полипропиленовых нитей на стадии их формирования из расплава // Химические волокна. 2018. №3. С. 89...93.

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

18. *Dastjerdi R., Montazer M.* A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial prop-

erties // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2010, 79. P. 5...18.

19. *Ayatullah Hosne Asif A.K.M., Zayedul Hasan Md.* Application of Nanotechnology in Modern Textiles: A Review // *Int. J. Curr. Eng. Technol.* 2018, 8. P. 227...231.

20. *Sedithi A., Montazer M., Mazinani S.* Fabrication of electrically conductive superparamagnetic fabric with microwave attenuation, antibacterial properties and UV protection using PEDOT/magnetite nanoparticles // *Materials and Design.* 2018, 160. P. 34...47.

21. *Spulber R., Chifiriuc C., Fleancu M., Popa O., Babeanu N.* Antibacterial activity of magnetite nanoparticles coated with bee pollen extracts // *Agriculture for Life for Agriculture* Conference Proceedings. 2018, 1 (1). P. 579...585.

22. *Armijo L.M., Wawrzyniec S.J., Kopciuch M., Brandt Y.I., Rivera A.C., N.J., Cook N.C., Dale L., Huber D.L., Monson T.C., Smyth H.D.C., Osiński M.* Antibacterial activity of iron oxide, iron nitride, and tobramycin conjugated nanoparticles against *Pseudomonas aeruginosa* biofilms // *J Nanobiotechnol.* 2020, 18. – 35.

23. *Ketema A., Worku A.* Antibacterial Finishing of Cotton Fabric Using Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.) Plant Leaf Extract // *Hindawi J. Chem.* 2020. ID 4049273.

24. *Xu C., Akakuru O.U., Zheng J., Wu A.* Applications of Iron Oxide-Based Magnetic Nanoparticles in the Diagnosis and Treatment of Bacterial Infections // *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2019, 7. 141.

25. *Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бузник В.М.* Механические характеристики полученной по новой технологии полипропиленовой нити с покрытием на основе политетрафторэтилена // *Химическая технология.* 2020, 21. С. 409...417.

26. *Prorokova N.P., Vavilova S.Y.* Properties of polypropylene yarns with a polytetrafluoroethylene coating containing stabilized magnetite particles // *Coatings.* 2021, 11. 830.

27. *Ibrahim A., Laquerre J.-É., Forcier P., Deregnaucourt V., Decaens J., Vermeersch O.* Antimicrobial Agents for Textiles: Types, Mechanisms and Analysis Standards. In *Textiles for Functional Applications*; Kumar, B., Ed.; IntechOpen, 2021.

28. *Pinho E., Magalhães L., Henriques M., Oliveira R.* Antimicrobial activity assessment of textiles: standard methods comparison. *Ann. Microbiol.* 2011, 61. P. 493...498.

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

30. *Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бирюкова М.И., Юрков Г.Ю., Бузник В.М.* Модифицирование полипропиленовых нитей с использованием наноразмерных металлсодержащих частиц, иммобилизованных в полиэтиленовой матрице // *Российские нанотехнологии.* 2014. № 9. С. 21...27.

31. *Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П., Холодков И.В., Кумеева Т.Ю.* Покрытие на основе политетрафторэтилена, содержащее магнетит, сформированное на полипропиленовой нити: устойчивость к адгезионному разрушению // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки.* 2022. № 2. С. 29...35.

REFERENCES

1. *Moncrieff R.W.* Man-Made Fibres. - N.-Y.: John Wiley and Sons, Inc, 1975. 1086 p.

2. *Sigal M.G., Koziorova T.N.* Syntheticheskie volokna iz dispersii polymerov. M.: Chimia, 1972. 144 s.

3. *Lazar M., Rado R., Kliman N.* Ftoroplasti / per. so slovatskogo / pod red. S.A.Iamanova. V.-L.: Energia, 1965. 262 s.

4. *Rogovin Z.A.* Osnovi chemii i technologii chemicheskikh volokon. T. 2. M.: Chemia, 1974. – 344 s.

5. *Varshavskii V.I.* Volokna iz ftorsoderjaschih polymerov // *Karbotsepnie syntheticheskie volokna / pod red. K.E. Perepelkina.* M.-L.: Chimia, 1972. 589.

6. *Kozlov V.A., Filatov Yu.N., Naumova Yu.A.* Issledovanie protsessa electroformovania ftorpolymerov i svoistv polutshaemich materialov // *Vestnik MITHT.* 2011. T. 6, N1. S. 22...25.

7. *Бузник В.М.* Sverchgidrophobnie materialy na osnove ftorpolymerov // *Aviatsionnie materialy i technologii.* 2013, 1. S. 29...34.

8. *Mc Gee R.L., Collier J.R.* Solid State Extrusion of Polytetrafluoroethylene Fibers // *Polymer Eng. & Sci.* 1986, 26. P. 239...242.

9. <http://www.formoplast-spb.ru/volokna-f4/>

10. *Sun Z., Zussman E., Yarin A.L., Wendorff J.H., Greiner A.* Compound Core – Shell Polymer Nanofibers by Co-electrospinning // *Adv. Mater.* 2003, 15. P. 1929...1932.

11. *Zhang Y., Huang Z.-M., Xu X., Lim C.T., Ramakrishna S.* Preparation of Core – Shell Structured PCL-r-Gelatin Bi-component Nanofibers by Coaxial Electrospinning // *Chem Mater.* 2004, 16. P. 3406...3409.

12. *Sun B., Duan B., Yuan X.Y.* Preparation of Core/Shell PVP/PLA Ultrafine Fibers by Coaxial Electrospinning // *J. Appl. Polym. Sci.* 2006, 102. P. 39...45.

13. *Han D., Steckl A.J.* Superhydrophobic and Oleophobic Fibers by Coaxial Electrospinning // *Langmuir.* 2009, 25. P. 9454...9462.

14. *Zavadskii A.E., Vavilova S.Y., Prorokova N.P.* Orientation processes in crystalline and amorphous regions of polypropylene during yarn spinning // *Fibre Chem.* 2017, 49. P. 10...14.

15. *Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M.* A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // *Journal of Fluorine Chemistry.* 2017, 204. P. 50 ... 58.

16. *Prorokova N.P., Vavilova S.Y.* Bulk and surface modification of polypropylene filaments at the

stage of their formation from a melt // *Fibre Chem.* – 2018, 50. P. 233...238.

17. Kiselev A.M., Rumiantsev E.V., Odintsova O.I., Rumiantseva V.E. Sovremennye tehnologii polucheniya tekstilnih materialov so spetsialnymi svoistvami i oblasti ih primeneniya // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022, 2. P. 121 ... 133.

18. Dastjerdi R., Montazer M. A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* – 2010, 79. P. 5...18.

19. Ayatullah Hosne Asif A.K.M., Zayedul Hasan Md. Application of Nanotechnology in Modern Textiles: A Review // *Int. J. Curr. Eng. Technol.* 2018, 8. P. 227...231

20. Sedithi A., Montazer M., Mazinani S. Fabrication of electrically conductive superparamagnetic fabric with microwave attenuation, antibacterial properties and UV protection using PEDOT/magnetite nanoparticles // *Materials and Design.* 2018, 160. P. 34...47.

21. Spulber R, Chifiriuc C., Fleancu M., Popa O., Babeanu N. Antibacterial activity of magnetite nanoparticles coated with bee pollen extracts // *Agriculture for Life for Agriculture* Conference Proceedings. 2018, 1 (1). P. 579...585.

22. Armijo L.M., Wawrzyniec S.J., Kopciuch M., Brandt Y.I., Rivera A.C., N.J., Cook N.C., Dale L., Huber D.L., Monson T.C., Smyth H.D.C., Osinski M. Antibacterial activity of iron oxide, iron nitride, and tobramycin conjugated nanoparticles against *Pseudomonas aeruginosa* biofilms // *J Nanobiotechnol.* 2020, 18. – 35

23. Ketema A., Worku A. Antibacterial Finishing of Cotton Fabric Using Stinging Nettle (*Urticadioica L.*) Plant Leaf Extract // *Hindawi J. Chem.* 2020. ID 4049273.

24. Xu C., Akakuru O.U., Zheng J., Wu A. Applications of Iron Oxide-Based Magnetic Nanoparticles in the Diagnosis and Treatment of Bacterial Infections // *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2019, 7. 141.

25. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouznic V.M. Mechanical characteristics of a polypropylene yarn

with a polytetrafluoroethylene-based coating obtained through a new technology // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering.* 2021, 55. P. 1021...1027.

26. Prorokova N.P., Vavilova S.Y. Properties of polypropylene yarns with a polytetrafluoroethylene coating containing stabilized magnetite particles // *Coatings.* 2021, 11. 830.

27. Ibrahim A., Laquerre J.-É., Forcier P., Deregnaucourt V., Decaens J., Vermeersch O. Antimicrobial Agents for Textiles: Types, Mechanisms and Analysis Standards. In *Textiles for Functional Applications;* Kumar, B., Ed.; IntechOpen, 2021.

28. Pinho E., Magalhães L., Henriques M., Oliveira R. Antimicrobial activity assessment of textiles: standard methods comparison. *Ann. Microbiol.* 2011, 61. P. 493...498.

29. Kuznetsov O.Yu., Shutova T.A., Starshova A.V., Navarrskaia I.A., Golovlev I.G. Metodika otsenki antimikrobnogo deistvia voloknistih materialov pri skrinigovoi otsenke // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2021, 3. P. 71 ... 74.

30. Prorokova N.P., Vavilova S.Yu., Biryukova M.I., Yurkov G.Yu., Buznic V.M. Modification of polypropylene filaments with metal containing nanoparticles immobilized in a polyethylene matrix // *Nanotechnol. Russ.* 2014, 9. P. 533...540.

31. Vavilova S.Y., Prorokova N.P., Kholodkov I.V., Kumeeva T.Y. Pochitnie na osnove politetraforetilena, soderdjaschee magnetit, sformirovannoe na polipropilenoivoi niti: ustoichivost k adgezionnomu razrusheniu // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta tehnologii i dizaina. Seria 1. Estestvennie i tehnicheskie nauki.* 2022, 2. S. 29...35.

Рекомендована организационным комитетом IV Международного научно-практического симпозиума «Технический текстиль России: нетканые материалы, сырье, реинжиниринг». Поступила 07.03.23.

**МАТЕРИАЛЫ ШУМОПОГЛОЩАЮЩИХ УСТРОЙСТВ
КАБЛУКОВ ОБУВИ**

**MATERIALS OF SOUNDABSORBING DEVICES
HEEL SHOES**

О.А. БЕЛИЦКАЯ¹, В.В. КОСТЫЛЕВА¹, А.А. ФОКИНА¹, Е.С. РЫКОВА¹, А.Р. СОКОЛОВСКИЙ²

О.А. BELITSKAYA¹, V.V. KOSTYLEVA¹, А.А. FOKINA¹, E.S. RYKOVA¹, А.Р. SOKOLOVSKY²

*(¹Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
²Новосибирский технологический институт (филиал)
Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технология. Дизайн. Искусство))*

*(¹Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art),
²Novosibirsk Technological Institute (branch) of Russian State University. A.N. Kosygin
(Technology. Design. Art))*

E-mail: belitskaya-oa@rguk.ru

Шум представляет собой смесь звуков различной частоты, которые раздражают человека, и в настоящее время считается «невидимым» загрязнителем в мире, вызывающим большую озабоченность, особенно в городах. Длительное воздействие шума, будь то в повседневной жизни или на рабочем месте, может вызвать проблемы со здоровьем, такие, как высокое кровяное давление и сердечные заболевания. Шум может отрицательно сказаться на чтении, внимании, решении проблем и памяти. Но как можно решить проблему воздействия шума на окружающую среду? Одно из решения проблемы – снизить уровень децибел (дБ).

В статье установлена актуальность исследования шумопоглощающих характеристик полимерных материалов, используемых в производстве низа обуви. Представлены результаты исследований по применению FLEX пластика для шумопоглощающих насадок на каблуки обуви. При эксплуатации обуви на каблуках с насадками из FLEX пластика на керамограните силовая величина шума уменьшается в 5,6 раза, а на ламинате – в 12,8 раза. Показано, что шумопоглощающие насадки на каблуки позволят снизить уровень шума на рабочих местах и в учреждениях, что положительно скажется на окружающей обстановке.

Noise is a mixture of sounds of various frequencies that irritate humans and is currently considered an "invisible" pollutant in the world, of great concern, especially in cities. Prolonged exposure to noise, whether in daily life or in the workplace, can cause health problems such as high blood pressure and heart disease. Noise can adversely affect reading, attention, problem solving, and memory. But how can the environmental impact of noise be addressed? One solution to the problem is to lower the decibel (dB) level.

The article establishes the relevance of the study of the noise-absorbing characteristics of polymeric materials used in the production of the bottom of shoes. The results of studies on the use of FLEX plastic for noise-absorbing nozzles on shoe heels are presented. When using shoes with heels with nozzles made of FLEX plastic on porcelain stoneware, the power magnitude of the noise decreases by 5.6 times, and on laminate by 12.8 times. It is shown that noise-absorbing heel caps will reduce the noise level in workplaces and institutions, which will positively affect the environment.

Ключевые слова: обувные материалы, полимерные материалы, эластомер, 3D-печать, шумопоглощающая конструкция, обувь, каблуки, шум.

Keywords: shoe materials, polymeric materials, elastomer, 3D printing, noise-absorbing construction, shoes, heels, noise.

Введение

Сильные шумовые воздействия на человека могут привести не только к ухудшению слуха, но и к негативным изменениям в нервной, сердечно-сосудистой системе, нарушению сна, шуму в ушах и раздражения [1].

В различных странах нормируемые параметры, допустимые и предельно допустимые уровни шума установлены как на государственном, так и на муниципальном уровне [2...4]. Регламентируется максимальный уровень звука в классных помещениях, учебных кабинетах, учительских комнатах, аудитории школ и других учебных заведений, конференц-залов и читальных залов библиотек, в кабинетах врачей поликлиник, амбулаториях, диспансерах, больницах, санаториях, а также в палатах больниц и санаториев [5, 6]. В соответствии с ISO [7, 8] определены основные величины, используемые для описания шума в окружающей среде, и методы его оценки.

С дискомфортом, вызванным шумом каблуков обуви, люди сталкиваются постоянно. Это явление не оказывает негативного влияния в местах, где шум способен рассеиваться и сливаться с фоновым. При эксплуатации высококаблучной обуви в офисе, медицинском или учебном учреждении такой шум приносит дискомфорт

не только окружающим, но и человеку, который носит обувь. Регулярное пребывание с источником шума подобного рода в рабочих условиях способствует оказанию негативного влияния как на общее состояние сотрудников, так и на рабочий процесс.

Приемлемым решением проблемы являются силиконовые насадки на каблуки [9]. Основным методом получения насадок является литье в пресс-формы, что увеличивает себестоимость их производства из-за разнообразия форм каблуков. Использование аддитивных технологий для изготовления силиконовых насадок является перспективным, но все еще развивающимся направлением, требующим специальных 3D-принтеров.

В работе изучена возможность изготовления шумопоглощающей насадки на каблуки обуви из одного из коммерческих пластиков с применением метода 3D-печати.

Методы

Выбор материалов

Анализ современного рынка эластомеров, применяемых для 3D-печати, выявил, что наиболее широко для работы с 3D-принтером применяют следующие пластики: ABS; PLA; PET и PETG; SBS; FLEX; RUBBER [10...17]. В табл. 1 представлена сравнительная характеристика вышеперечисленных пластиков.

Таблица 1

Технические характеристики	Наименования пластиков					
	ABS	PLA	PETG	SBS	FLEX	RUBBER
Температура эксплуатации, °С	-40 +80	-20 +40	-40 +70	-80 +65	-100 +100	-40 +85
Температура стеклования, °С	105	60-65	80	80 -95	-	-
Температура плавления, °С	220	180	222-225	190-210	200-210	230-240
Температура размягчения, °С	~ 103	~ 50	80	76	110	-
Прочность на изгиб, МПа	41,0	55,3	76,1	36,0	5,3	3,4
Прочность на разрыв, МПа	22,0	57,8	36,5	34,0	17,5	-
Прочность на сжатие, МПа	49,3	-	-	-	7,6	2,3
Плотность, г/см ³	1,05	1,25	1,27	1,01	1,10	0,95
Твердость по Шору D	-	-	-	68	40	60
Твердость по Роквеллу R	112	70-90	106	118	-	-

Вязкость по Изоду, кДж/м ²	25,0	-	-	3,5	-	25,0
Точность печати, %	±1,0	± 0,1	± 0,1	± 0,4	± 1,0	-
Влагопоглощение, %	0,45	0,5-50,0	0,12	0,07	0,04	-
Относительное удлинение при разрыве, %	6	4	50	250	600	500
Жесткость, усл. ед.	4	5	-	-	2	3

При сравнении технических характеристик пластиков выяснилось, что пластик FLEX – один из наиболее подходящих для разработки конструкций шумопоглощающих устройств каблуков. Он привлекателен своей прочностью, стойкостью ко многим внешним раздражителям, способностью выдерживать широкий диапазон температур и устойчивостью к воздействию масел, кислот, щелочей и различных растворителей. Мягкость и гибкость материала обеспечит легкость в эксплуатации конструкций шумопоглощающих устройств каблуков, а именно в процессе надевания на каблук и снятия (при необходимости чистки конструкций). Поэтому FLEX выбран в качестве материала для конструкций шумопоглощающих устройств.

Подготовка эксперимента

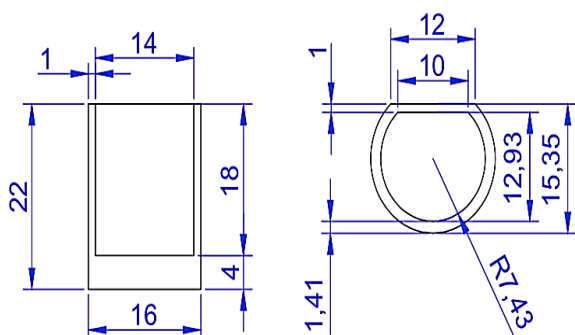


Рис. 1

Для испытаний опытного образца конструкций шумопоглощающих устройств выбраны женские туфли конструкции «лодочки» с высотой приподнятости пяточной части 90 мм, которые производят значительное количество шума при эксплуатации. По конструктивным параметрам каблуков выбранных туфель разработан чертеж шумопоглощающей конструкции (рис. 1).

По чертежу в программном обеспечении спроектирована конструкция шумопоглощающих устройств (рис. 2).

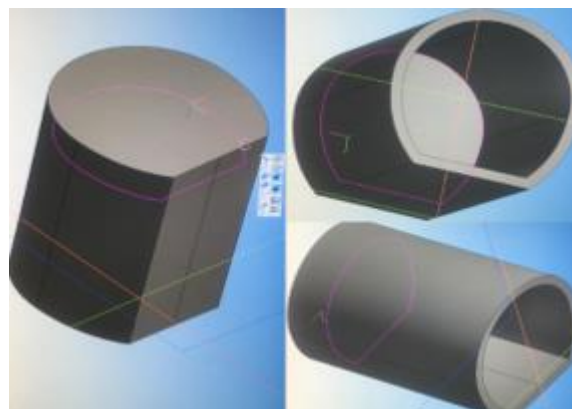


Рис. 2

Далее при помощи аддитивных технологий, которые все чаще используется в обувном производстве [18...20], из материала FLEX изготовлены конструкции шумопоглощающих устройств каблуков (рис. 3).



Рис. 3

Стоит отметить определенные сложности при печати изделий из материала FLEX. Из-за того, что FLEX пластик намного более мягкий и эластичный, чем традиционные для 3D-печати ABS и PLA-филаменты, то экструдер 3D-принтера может «зажевывать» нить пластика либо пруток расплавляется еще до входа в сопло, тем самым забивая его. Программные сложности, как правило, устраняют методом проб и ошибок, подбирая оптимальные параметры печати. Для печати FLEX пластиком на 3D-принтере оптимальная скорость печати – 10-40 мм/с, температура сопла – 220-240°C, температура стола 80-110°C.

Проведение эксперимента

Измерения шума проводились в помещении при эксплуатации туфель одним человеком для исключения влияния веса и особенностей походки на результаты исследований. Длина дорожки для прохода на покрытиях из керамогранита и ламината составляла 3 метра. В процессе эксперимента измерения проводились при ходьбе в туфлях без шумопоглощающей насадки и с шумополощающей насадкой.

Измерения проводились с помощью шумомера Ассистент Total (SIUV3RT) [21] – анализатора спектра 1-го класса точности,

предназначенного для установления уровней звука, звукового давления и частотного анализа в диапазонах звука, инфразвука и ультразвука, уровней виброускорения и частотного анализа в диапазонах общей и локальной вибрации по трем каналам одновременно.

Результаты и обсуждение

При измерении шума в помещении при ходьбе в туфлях с каблуками без насадки и с насадкой на керамограните получены данные, представленные в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Коррекции	Значение, дБ	Min, дБ	Max, дБ	
Каблуки без насадки				
дВА	Eq	60,9	64,2	32,0
	Slow	61,7	48,5	68,0
	Fast	41,7	35,0	75,1
	Impulse	74,6	38,5	80,3
дВС	Eq	66,2	67,5	76,6
	Slow	65,6	52,5	73,1
	Fast	53,7	40,7	79,9
	Impulse	77,4	41,1	85,2
дВZ	Eq	79,4	71,2	81,9
	Slow	73,0	69,1	83,2
	Fast	72,6	43,7	96,4
	Impulse	77,7	45,3	98,6
Каблуки с насадкой				
дВА	Eq	55,9	33,6	32,7
	Slow	37,8	37,8	68,0
	Fast	30,1	26,9	75,1
	Impulse	53,8	38,5	80,3
дВС	Eq	61,5	45,0	77,3
	Slow	45,3	45,3	73,1
	Fast	43,3	40,0	79,9
	Impulse	57,9	41,1	85,2
дВZ	Eq	78,0	71,6	82,9
	Slow	71,5	66,5	84,5
	Fast	63,2	43,7	96,4
	Impulse	72,5	45,3	98,6

Приведены значения при частотных коррекциях А, С, Z в реальном времени с характеристиками Eq (Эквивалент), Slow (Медленно), Fast (Быстро), Impulse (Импульс). Во внимание принята временная характеристика у «Эквивалент», обозначающая звук в «реальном времени» и коррекцию А.

Из табл. 2 видно, что значение уровня шума в туфлях с каблуками без насадки на

керамограните составляет 60,9 дБ. Если рассматривать усреднители, то при «медленном» – 61,7 дБ, при «быстром» – 41,7 дБ, а при «импульсном» – 74,6 дБ.

Значение уровня шума в туфлях с каблуками с насадками составляет 55,9 дБ. Если рассматривать усреднители, то при «медленном» – 37,8 дБ, при «быстром» – 30,1 дБ, при «импульсном» – 53,8 дБ.

В табл. 3 представлены данные при ходьбе в туфлях с каблуками без насадки и с насадкой на ламинате. Значение эквивалентного уровня шума при эксплуатации туфель с каблуками без насадки на лами-

нате составляет 62,8 дБ. Если рассматривать усреднители, то при «медленном» – 56,6 дБ, при «быстром» – 30,0 дБ, а при «импульсном» – 70,9 дБ.

Т а б л и ц а 3

Коррекции	Значение, дБ	Min, дБ	Max, дБ	
Каблуки без насадки				
dBA	Eq	62,8	32,7	32,9
	Slow	56,6	56,6	69,6
	Fast	30	29,3	76
	Impulse	70,9	51	81,1
dBC	Eq	68,1	47,2	77,5
	Slow	60,1	60,1	74,9
	Fast	48,2	43,8	81,6
	Impulse	73,6	59,4	86,9
dBZ	Eq	85,2	74,0	82,8
	Slow	79,3	75,1	92,1
	Fast	85,6	66,6	97,5
	Impulse	88,9	77,1	98,8
Каблуки с насадкой				
dBA	Eq	51,4	46,1	23,6
	Slow	47,0	40,3	60,6
	Fast	36,7	25,9	67,2
	Impulse	59,9	26,7	72,0
dBC	Eq	58,2	51,2	68,2
	Slow	53,1	47,8	67,3
	Fast	42,4	39,4	75,3
	Impulse	63,8	41,7	80,2
dBZ	Eq	67,0	62,2	74,9
	Slow	61,5	57,4	72,9
	Fast	58,3	51,1	76,0
	Impulse	63,9	61,2	80,2

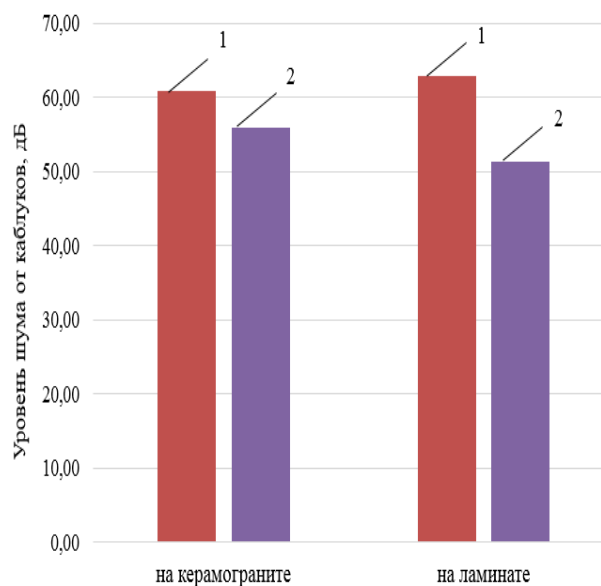


Рис. 4

Значение уровня шума при эксплуатации туфель с каблуками с насадкой на ламинате составляет 51,4 дБ. Если рассматривать усреднители, то при «медленном» – 47,0 дБ, при «быстром» – 36,7 дБ, при «импульсном» – 59,9 дБ.

На рис. 4 приведены результаты измерения шума в помещении при эксплуатации каблучков с насадками и без на ламинате и керамограните.

В ходе измерения выявлено, что в помещении с напольным покрытием керамогранит уровень шума при эксплуатации туфель с каблуками без насадок составляет 60,9 дБ, с насадками – 55,9 дБ. Уровень шума с применением насадок из FLEX пластика на керамограните снижается на 5 дБ.

Уровень шума в помещении с напольным покрытием ламинат при эксплуатации

туфель с каблучками без насадки составляет 62,8 дБ, с насадкой – 51,4 дБ. Выявлено, что насадки из FLEX для каблучков снижают уровень шума при ходьбе по ламинату на 11,4 дБ.

Таким образом, предлагаемые конструкции каблучков лучше проявляют шумопоглощающие свойства на ламинате, чем на керамограните: разница составляет 6,4 дБ при уменьшении силовой величины в 7,2 раза.

ВЫВОДЫ

В результате исследований выявлено, что разработанные насадки из FLEX пластика проявляют шумопоглощающие свойства. Это подтверждает состоятельность предлагаемых технических решений: насадки плотно облегают каблук, при эксплуатации не стаптываются, не расшатываются и не спадают, что является гарантией их износостойкости и ударопрочности.

При эксплуатации обуви на каблучках с насадками из FLEX пластика на керамограните силовая величина шума уменьшается в 5,6 раза, а на ламинате – в 12,8 раза.

Использование шумопоглощающих насадок из FLEX пластика поможет снизить уровень шума, издаваемого каблучками на рабочих местах учреждений, в которых необходимо его соблюдение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe. The WHO European Centre for Environment and Health. 2011. p.108
2. Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях. ТСН 23-315-2000 г. Москвы (МГСН 2.04-97) <https://docs.cntd.ru/document/1200000486>
3. South San Francisco Municipal Code Chapter 8.32 NOISE REGULATIONS https://qcode.us/codes/southsanfrancisco/view.php?topic=8-8_32&frames=on
4. Portland, Oregon. City Code. Chapter 18.10 Maximum Permissible Sound Levels <https://www.portland.gov/code/18/10>
5. СП 51.13330.2011 ЗАЩИТА ОТ ШУМА. <https://docs.cntd.ru/document/1200084097>
6. Engineering ToolBox, (2001) [online]. <https://www.engineeringtoolbox.com>.
7. ISO 1996-1:2016 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures. <https://www.iso.org/>
8. ISO 1996-2:2017 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels. <https://www.iso.org/>
9. Силиконовые насадки на каблук <https://zdorovyenogi.ru/silikonovye-nasadki-na-kabluk>.
10. *Ильясова А.В., Белицкая О.А.* Исследование современного рынка пластиков, используемых для 3D-печати // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий // Сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-практ. заочной конф., 25-27 марта 2020 г. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. Ч. 1. С. 36...41.
11. Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing // *Samuel Clark Ligon, Robert Liska, Jürgen Stampfl, Matthias Gurr, and Rolf Mülhaupt.* Chemical Reviews 2017 117 (15), 10212-10290. DOI: 10.1021/acs.chemrev.7b00074
12. *Shahrubudin N., Lee T.C., Ramlan R.* An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications // Procedia Manufacturing, Volume 35, 2019, P. 1286-1296
13. *Syed A.M.T., Elias P.K., Amit B., Susmita B., Lisa O., Charitidis C.* Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities // Materials today, 1 (2017), pp. 1-16
14. *Ugur M.D., Gharehpapagh B., Yaman U., Dolen M.* The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0 // Procedia Manufacturing, 11 (2017), pp. 545-554
15. *Stansbury J.W., Idacavage M.J.* 3D Printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities // Dental Materials, 32 (2016), pp. 54-64
16. *Коновалова О.Б., Минец В.В., Бокова Е.С., Костылева В.В., Белицкая О.А.* Полимерные материалы для 3D-печати и возможность их применения в обувном производстве: ассортимент пластмасс инновационной функциональности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 262...267.
17. *Коновалова О.Б., Минец В.В., Бокова Е.С., Костылева В.В., Белицкая О.А.* Полимерные материалы для 3D-печати и возможность их применения в обувном производстве: группа крупнотоннажных полимеров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 304...311.
18. *Минец В.В., Татарчук И.Р., Белицкая О.А., Литвин Е.В.* Применение 3D-технологий быстрого прототипирования при изготовлении оснастки обувного производства и апробация формальной модели экспресс-формы для литьевого агрегата //

Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 329...333.

19. *Минец В.В., Белицкая О.А.* Применение аддитивных технологий при создании коллекций обуви и аксессуаров // *Дизайн и технологии*. 2018. № 63 (105). С. 31...36.

20. *Алибекова М.И., Костылева В.В., Новиков А.Н., Фирсов А.В.* Современные технологии в проектировании обуви // *Дизайн и технологии*. 2017. No57(99). С.31-35

21. Приборостроительная компания НТМ-защита. Ассистент Total (SIUV3RT)– <https://ntm.ru/products/87/7382>. – 2020

REFERENCES

1. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe. The WHO European Center for Environment and Health. 2011. p. 108.

2. Permissible levels of noise, vibration and requirements for sound insulation in residential and public buildings. TSN 23-315-2000 of Moscow (MGSN 2.04-97) <https://docs.cntd.ru/document/1200000486>

3. South San Francisco Municipal Code Chapter 8.32 NOISE REGULATIONS https://qcode.us/codes/southsanfrancisco/view.php?topic=8-8_32&frames=on

4. Portland, Oregon. City Code.Chapter 18.10 Maximum Permissible Sound Levels <https://www.portland.gov/code/18/10>

5. SP 51.13330.2011 PROTECTION FROM NOISE. <https://docs.cntd.ru/document/1200084097>

6. Engineering Toolbox, (2001). [online]. <https://www.engineeringtoolbox.com>.

7. 19.19-1:22-ISO-accumulations-scale-acc-tuations. <https://www.iso.org/>

8. ISO 1996-2:2017 Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of sound pressure levels. <https://www.iso.org/>

9. Silicone heel caps <https://zdorovyenogi.ru/silikonovye-nasadki-na-kabluk>.

10. *Ilyasova A.V., Belitskaya O.A.* Research of the modern market of plastics used for 3D printing // Concepts, theory, methods of fundamental and applied scientific research in the field of inclusive design and technologies: a collection of scientific papers based on the results of the International Scientific and Practical Correspondence Conference (March 25-27, 2020). Part 1. М.: RGUim. A.N. Kosygin, 2020. P. 36-41.

11. Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing // *Samuel Clark Ligon, Robert Liska, Jürgen Stampfl, Matthias Gurr, and Rolf Mülhaupt*. Chemical Reviews 2017 117 (15), 10212-10290. DOI: 10.1021/acs.chemrev.7b00074

12. *Shahrubudin N., Lee T.C., Ramlan R.* An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications // *Procedia Manufacturing*, Volume 35, 2019, Pages 1286-1296

13. *Syed A.M.T., Elias P.K., Amit B., Susmita B., Lisa O., Charitidis C.* Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities // *Materials today*, 1 (2017), pp. 1-16

14. *Ugur M.D., Gharehpapagh B., Yaman U., Dolen M.* The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0 // *Procedia Manufacturing*, 11 (2017), pp. 545-554

15. *Stansbury J.W., Idacavage M.J.* 3D Printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities // *Dental Materials*, 32 (2016), pp. 54-64

16. *Konovalova O.B., Minets V.V., Bokova E.S., Kostyleva V.V., Belitskaya O.A.* Polymeric materials for 3D printing and the possibility of their use in shoe production: an assortment of plastics with innovative functionality // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. No 5 (395). P. 262-267.

17. *Konovalova O.B., Minets V.V., Bokova E.S., Kostyleva V.V., Belitskaya O.A.* Polymeric materials for 3D printing and the possibility of their application in shoe production: a group of large-tonnage polymers // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. No. 2 (398). pp. 304-311.

18. *Minets V.V., Tatarchuk I.R., Belitskaya O.A., Litvin E.V.* Application of 3D-technologies of rapid prototyping in the manufacture of equipment for shoe production and approbation of a formal model of an express mold for an injection molding machine // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. No. 2 (398). pp. 329-333.

19. *Minets V.V., Belitskaya O.A.* The use of additive technologies in the creation of collections of shoes and accessories // *Design and Technologies*. 2018. No. 63 (105). P. 31-36.

20. *Alibekova M.I., Kostyleva V.V., Novikov A.N., Firsov A.V.* Modern technologies in shoe design // *Design and Technologies*. 2017. No57(99). P.31-35.

21. Instrument-making company NTM-protection. Total Assistant (SIU V3RT) – <https://ntm.ru/products/87/7382>. – 2020

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)». Поступила 16.03.23.

УДК 687.331.101.3

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_250

МОТИВАЦИОННЫЙ АСПЕКТ МОДНЫХ ПРЕМИЙ В РОССИИ

MOTIVATIONAL ASPECT OF FASHION AWARDS IN RUSSIA

В.В. АНАНИШНЕВ

V.V. ANANISHNEV

(Институт кино и телевидения (ГИТР))

(GITR Film and Television School)

E-mail: ananishnev@yandex.ru

Согласно мировым исследованиям нематериальное стимулирование и повышение профессионального статуса играют важную роль в мотивации специалистов в различных отраслях экономики государства. Внутренняя мотивация сотрудников в периоды кризиса сильно трансформируется, что приводит к демотивации и снижению производительности. Одним из признанных способов мотивации является присуждение профессиональных премий, кроме того, люди явно прилагают усилия, чтобы выиграть награду, и даже готовы нести материальные затраты на получение статуса (платить орг. взносы за участие в номинациях в премиях).

В мире моды существует опыт поддержки модных дизайнеров и всей модной отрасли вручением модных премий именно во время экономического кризиса и военных действий – Coty American Fashion Critics' Awards, учрежденная в 1942 г. и завершенная в 1985 г. с формулировкой «Поскольку награды успешно вывели Америку на мировую модную сцену, было решено прекратить присуждение этих премий». Журнал «Богема» совместно с Harper's BAZAAR Serbia провели опрос модных экспертов: Славы Зайцева, Юлии Далакян, Константина Гайдая и Ольги Маляровой. Опрошенные эксперты сходятся на мнении, что модные премии стимулируют дизайнеров одежды к дальнейшему развитию, что положительно влияет на развитие всей легкой промышленности. Таким образом, модные премии играют важную роль в поддержке всей легкой промышленности страны, но, так как на российском рынке существует множество различных премий, работникам модной отрасли следует внимательно относиться к их статусу.

According to world studies, non-material incentives and raising professional status play an important role in motivating specialists in various sectors of the state economy. The internal motivation of employees during periods of crisis is greatly

transformed, which leads to demotivation and reduced productivity. Based on the analysis of studies, one of the recognized ways of motivation is the award of professional awards, in addition, people are clearly making an effort to win an award and are even ready to bear the material costs of obtaining a status (paying registration fees for participation in award nominations).

In the world of fashion, there is an experience of supporting fashion designers and the entire fashion industry with the presentation of fashion awards during the economic crisis and war - the Coty American Fashion Critics' Awards, established in 1942 and completed in 1985 with the wording "Because the awards successfully brought America to the world fashion scene, it was decided to stop awarding these awards. La Bogeme magazine, together with Harper's BAZAAR Serbia, conducted a survey of fashion experts: Slava Zaitsev, Julia Dalakian, Konstantin Gayday and Olga Malyarova. Interviewed experts agree that fashion awards stimulate clothing designers to further development, which has a positive effect on the development of the entire light industry. Thus, fashion awards play an important role in supporting the entire light industry of the country, but since there are many different awards on the Russian market, fashion industry workers should be attentive to their status.

Ключевые слова: мода, модные премии, мотивация, легкая промышленность, награда, москкластер, кризис.

Keywords: fashion, fashion awards, motivation, light industry, award, moscluster, crisis.

Введение

В общем виде все социальные науки согласны с тем, что стремление к общественному признанию является важным двигателем поведения человека. Награды можно рассматривать как социальные символы признания. Они специально созданы, чтобы удовлетворить человеческое желание быть публично признанным и отмеченным другими в присутствии коллег. Награды используются не только в корпоративном секторе (например, «Работник месяца»), но и в сфере культуры (например, «Оскар»), в спорте (например, «Спортивная личность года»), в быту, международных делах (например, государственные ордена и награды, такие, как «Президентская Медаль Свободы») и других сферах экономической и общественной жизни [5]. Журнал «The Economist» признает это, отмечая, что «быстрый взгляд на земной шар предполагает, что эти причудливые украшения (прим. авт. «fancy decorations») практически универсальны» [10].

Награды являются внешними стимулами и служат непосредственными мотива-

торами, когда люди явно прилагают усилия, чтобы выиграть награду. Тогда награды работают, потому что они создают образцы для подражания, подчеркивают ценности общества, а также приносят престиж лицам, которые действовали аналогичным образом, но не были выбраны в качестве получателей награды [5].

Neckermann S. и M. Kosfeld M. в своем исследовании экспериментально продемонстрировали, что люди ценят статус независимо от каких-либо дополнительных денежных призов; они даже готовы нести материальные затраты на его получение [9]. Другими словами, номинанты готовы оплачивать организационные взносы за участие в премиях или экспертизу заявки. Более того, люди прилагают значительные дополнительные усилия, чтобы получить нематериальную награду.

Целью настоящего исследования является выявление мотивирующего воздействия модных премий на специалистов в легкой промышленности.

Актуальность исследования подтверждается наличием определенных проблем в российской легкой промышленности.

Методы исследования

Объектом исследования являются российские модные премии. Предметом изучения стала мотивация креативных специалистов в сфере моды. Методы исследования: междисциплинарный подход, индукция и дедукция, аналогия, эмпирические методы исследования. В качестве эмпирических методов использованы следующие: изучение разнообразных источников информации в ИТС «Интернет»; анализ полученных сведений; опрос модных экспертов.

Мировой опыт присуждения наград в различных сферах экономики

На первый взгляд может показаться, что награды редко используются в корпоративном секторе рыночной экономики. В конце концов, сотрудники частных корпораций обычно работают, чтобы получить зарплату, и привыкли к тому, что их производительность оценивается в денежном выражении. Например, это находит отражение в возрастающей важности и распространенности схемы оплаты по результатам. Однако беглое наблюдение за деловой практикой подсказывает, что награды и звания очень важны в корпоративном секторе.

По данным исследования Bruno S. Frey и Susanne Neckermann с выборкой из 82 стран, обычный человек получил 0,06 награды. Лица в академическом секторе являются одними из основных получателей наград [5].

Что касается модной отрасли, здесь тоже присуждается множество наград. Единственный список всех модных наград в мире найден нами в Wikipedia – List of fashion awards [7].

Существует даже опыт поддержки модных дизайнеров и всей отрасли вручением модных премий именно во время военных действий. Премия американских модных критиков Coty (присуждалась в 1943-1984 гг.) – Coty American Fashion Critics' Awards – была учреждена в 1942 году косметической и парфюмерной ком-

панией Coty, Inc. для продвижения и популяризации американской моды, а также поощрения дизайнера во время Второй мировой войны [11]. В июне 1985 г. Дональд Флэннери, старший вице-президент Pfizer, Inc. материнской компании Coty, объявил, что, поскольку награды успешно вывели Америку на мировую модную сцену, было решено прекратить присуждение этих премий [6]. Можно сказать, что эта модная премия стимулировала патриотический настрой у американских производителей одежды. С 1981 г. Советом модельеров США (Council of Fashion Designers of America, CFDA) ежегодно вручаются премии CFDA Fashion Awards. Так же, как и в РФ, американские СМИ проводят свои премии, в том числе в области креативных индустрий.

Что касается других стран, в Китае с 1997 г. проводится China Fashion Week при содействии Китайской национальной ассоциации одежды (CNGA), а с 2011 г. стала именоваться Mercedes-Benz China Fashion Week. У недели моды есть модная премия China Fashion Week Fashion Awards, состоящая из наград: Designer Awards включает в себя награды «Лучший модельер» и «Десятка лучших модельеров»; Fashion Model Awards включает в себя награды «Лучшая фотомодель» и «Десятка лучших фотомоделей»; Fashion Elite Awards включает в себя награды «Лучший модный фотограф», «Лучший модный комментатор» и «Лучший стилист».

Анализ российского рынка модных премий

Мы проанализировали премии, вручаемые за последние 20 лет на территории РФ. Межрегиональная общественная организация "Ассоциация высокой моды и прет-а-порте" просуществовала в РФ с 2000 по 2022 г. На протяжении 22 лет Ассоциация развивала проект «Неделя моды в Москве» (с 2013 года – «Неделя моды в Москве. Сделано в России»), основной задачей которого являлось развитие отечественной индустрии моды. Неделя моды в Москве проводилась 2 раза в год – в марте и в октябре и завершала мировой график Недель моды. На Неделю приглашались мэтры мировой моды из Франции, Италии,

Великобритании, среди них Paco Rabanne, Nina Ricci, Lanvin, Versace, Balenciaga, Balmain, Emanuel Ungaro, Sonia Rykel, Brioni, Roberto Cavalli, Costume National, Fendi, Vivienne Westwood и многие другие, в общей сложности более 50 имен мировой моды. В период с 1999 по 2003 г. Ассоциация в последний день Недели моды вручала премию «Золотой манекен». Ассоциация столкнулась с проблемами в проведении очередного сезона моды во время пандемии covid-19 и прошла процедуры банкротства и ликвидации в 2022 г.

В 2003 г. в РФ была создана МОО «Национальная Академия Индустрии Моды» (НАИМ), целью которой является содействие развитию отечественной индустрии моды, популяризация отечественных брендов индустрии моды и др. Президентом академии являлся Вячеслав Михайлович Зайцев, а вице-президентом – Валентин Юдашкин (бренд «Valentin Yudashkin») – первый российский кутюрье, получивший статус члена-корреспондента Синдиката Высокой моды (Chambre Syndicale de la Couture Parisienne). В 2003 г. НАИМ учредила при поддержке Минпромторга России ТПП РФ Национальную премию в области индустрии моды «Золотое веретено», которую вручали с 2003 по 2020 год ежегодно. Кроме официального символа во время церемонии вручаются специальные награды: «Золотая пальма» – за вклад в развитие российской индустрии моды и «Хрустальная пальма» – за вклад в подготовку кадров отечественной индустрии моды.

С 2002 г. в РФ действует Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ. Автор статьи, лауреат премий Fashion TV и 7 Neva Fashion Awards 2023 в номинации «Издатель» и 6 Neva Fashion Awards 2022 от Neva Fashion Week в номинации «Дебют дизайнера», в 2018 г. решил совместить профессиональную модную (и креативную) премию и систему добровольной сертификации в соответствии с данным законом и осуществил это в ООО «Москлагстер» (прим. moscluster.com).

Разработана система стандартов системы менеджмента качества, сертифицированная на соответствие GOST R ISO 9001:2015, где определены критерии соответствия номинанта каждой модной (креативной) номинации. Более того, все номинации зафиксированы и зарегистрированы Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), их нельзя изменить без государственной процедуры перерегистрации. За объекты добровольного подтверждения соответствия были приняты номинанты модных (креативных) премий (российские и иностранные физические лица и организации). После множества согласований и большой работы в декабре 2019 г. Росстандарт зарегистрировал Систему добровольной сертификации Москлагстера «La Boheme Awards / Премия журнала «Богема» в Едином государственном реестре систем добровольной сертификации РФ за номером № РОСС RU.32168.04СБА0 [4]. Вручение первой премии журнала «Богема» проходило на ювелирной Неделе моды «Estet Fashion Week» (организатор – Ювелирный дом «Эстет») в ноябре 2018 года, в 2021 году она закрывала Неделю трикотажной моды, в 2022 г. прошла в «силиконовой долине» РФ – Инновационном центре «Сколково» в целях поддержки специалистов в креативных индустриях перед Moscow Fashion Fair (MFF), 1 октября 2022 г. завершила день открытия Neva Fashion Week в городе Санкт-Петербург – на исторической родине журнала «Богема», а в марте 2023 г. сама стала лауреатом 7 Neva Fashion Awards 2023 в номинации «Модная премия». В январе 2023 г. премия журнала «Богема» также стала лауреатом XVIII Премии в области развития общественных связей «RuPoR» (ранее – Центрально-Черноземная премия в области развития связей с общественностью «RuPoR»), являющейся региональным отбором в центральном федеральном округе РФ на Национальную премию РФ в области развития общественных связей «Серебряный лучник», учрежденную 25 июня 1997 года ТПП РФ, Союзом журналистов

РФ и Российской ассоциацией по связям с общественностью и являющуюся старейшей премией в области PR в РФ. Модная индустрия регулярно представляет свои проекты на премии «Серебряный лучник» и ее региональных отборах. На предыдущей XVII PR-премии RuPoR в номинации «Международные коммуникации» 3 место заняла Неделя моды Mercedes-Benz Fashion Week Russia, ООО «Группа Артефакт», Москва, информационным партнером которой стал журнал «Богема». Регулярное представление на конкурс модных проектов и их победы (признание Экспертным советом премий) могут свидетельствовать о реальном продвижении дизайнеров и их идей на российский рынок с помощью указанных проектов.

Более премий при поддержке государственных органов или каких-либо регистраций в РФ мы на сегодня не нашли.

Следующим сегментом премий являются премии, учрежденные модными журналами – СМИ, самые известные из них проводятся иностранными изданиями в РФ: Hello!, GQ и др. Но эти премии нельзя отнести к только модным профессиональным премиям, так как они вручаются и музыкантам, и художникам, и пластическим хирургам, и другим деятелям в креативных индустриях и сфере красоты. Российские недели моды также проводят свои награждения, например Neva Fashion Awards от Neva Fashion Week, но эти премии не имеют государственной поддержки и определенных регистраций. Известными проблемами модных премий является их некоторая аффилированность: наименования номинаций не постоянны и могут создаваться под лауреатов премий [2, 8].

Результаты опроса модных экспертов о важности модных премий в РФ

В октябре 2022 г. российское СМИ – журнал «Богема» (La Boheme Magazine) – лауреат Национальной премии в области индустрии моды «Золотое веретено» в 2020 г. в номинации «Издание» в разделе «Журналистика», Neva Fashion Awards 2022 от Neva Fashion Week в номинации «Издание» – под руководством автора статьи совместно с Harper's BAZAAR Serbia

(изданием, учрежденным в 1867 г. в США, которое старше журнала «Vogue», основанного в 1892 г. тоже в США) провели исследование российского рынка модных премий. Кроме обзора российского интернета был произведен опрос модных экспертов из РФ. В качестве модных экспертов выбраны российские дизайнеры, представители разных поколений в соответствии с Теорией поколений Уильяма Штрауса и Нила Хау, имеющие профессиональные награды и принимавшие участие в международных проектах, проводившихся официально на территории РФ и не только, в том числе в международных неделях моды Mercedes-Benz Fashion Week Russia и Volvo Fashion Week, а также в американском Project Runway (Проект «Подиум»).

Советский и российский дизайнер Вячеслав Михайлович Зайцев (бренд «Slava Zaitsev») – представитель поколения «Бэби-бумеры», Дом моды которого в центре столицы РФ в 2022 г. отметил свое 40-летие. О нем впервые в 1962 г. газета «Paris Match» написала статью «Он диктует моду в Москве», и его впоследствии европейская пресса называла «Красным Диором» (прим. «советским Диором»). Обладатель Национальной премии в области индустрии моды «Золотое веретено», Премии журнала «Богема», «Золотой манекен» и многих других, В.М. Зайцев считает, что премия – это «констатация факта, что художник чего-то достиг. Молодые и талантливые ребята заслуживают премий. А как это повлияет на их творчество дальше – все от человека зависит. Получать премии важно для художника, это его поддерживает, особенно если они финансовые. Когда у меня была возможность, я давал денежные премии молодым дизайнерам, чтобы они могли купить ткани и сделать новые коллекции. Премии продвигают творчество».

Несколько по-другому смотрит на модные премии дизайнер Юлия Далакян (бренд «Julia Dalakian») – представитель поколения «X» – участница ведущих недель моды, в том числе Mercedes-Benz Fashion Week Russia, обладатель Премии

журнала «Богема», Fashion TV: «любой стимул для творческого человека и предпринимателя однозначно положительно влияет на процесс формирования творческой личности, если это молодой бренд. Конкурсная основа для вручения премий не всегда положительна, с моей точки зрения, так как любое жюри имеет субъективную точку зрения. Для молодых премия – это признание особых способностей и возможность применения новых технологий и углубления технических знаний, которых, на мой взгляд, не хватает начинающим дизайнерам».

Дизайнер шляп и одежды Константин Гайдай (бренд «Konstantin Gayday») – представитель поколения «X» – обладатель премии «GQ Человек года» в номинации «Дизайнер года» (2010 г.) по версии журнала GQ Russia, обладатель Национальной премии в области индустрии моды «Золотое веретено» в номинации «Головной убор», Премии журнала «Богема», Fashion TV, на вопрос редакции журнала «Богема»: «Положительно ли сказываются премии на PR модного бренда?» отвечает: «Безусловно, премии стимулируют дизайнера не только профессионально, но и его эго, и это важно для творцов, и они, конечно, положительно сказываются на PR бренда, точно не отрицательно». Но довольно негативно отзывается об уровне российских премий: «Премия ценна, только если это профессиональная награда от профессионалов, будь то гильдия художников-дизайнеров, заслуженные международные издания 1-го эшелона или, может, городской совет. К сожалению, таких премий практически не осталось в нашей стране».

Дизайнер женской одежды Ольга Малярова (бренд «Malyarova Olga») – представитель поколения «Y» – заняла второе место в первой российской версии международного проекта «Подиум» (Project Runway, 2011 г.) на телеканале «MTV Россия», является лауреатом Премии журнала «Богема». Ольга Малярова создала платье «Корона Российской империи» для Анны Линниковой, представлявшей РФ на 71 международном конкурсе «Мисс Вселен-

ная» (MISS UNIVERSE) 2023 в США. Дизайнер говорит про премии, что «это очень важно, особенно для творцов. Работаешь-работаешь и ждешь, что кто-то это оценит».

Тем самым эксперты – представители разных поколений – сходятся на том, что модные премии стимулируют дизайнеров одежды к дальнейшему развитию, что положительно влияет на развитие всей легкой промышленности [2, 8].

Результаты и обсуждение

Мировые исследования показывают, что нематериальное стимулирование и повышение профессионального статуса играют важную роль в мотивации специалистов в различных отраслях экономики государства. Кроме того, специалисты даже готовы нести материальные затраты на получение статуса (платить орг. взносы за участие в номинациях в премиях). В условиях нестабильной ситуации и многочисленных увольнений сотрудников во всех областях экономики персонал оказался демотивирован. Во времена кризиса внутренняя мотивация персонала терпит существенные изменения. Одним из признанных способов мотивации является присуждение профессиональных премий. Опрошенные модные эксперты сходятся во мнении, что модные премии стимулируют дизайнеров одежды к дальнейшему развитию, что положительно влияет и на развитие всей легкой промышленности.

В текущей политической ситуации в РФ и при современном состоянии легкой промышленности [1, 3], на взгляд автора, целесообразно перенять опыт США (в том числе Coty American Fashion Critics' Awards) и проводить стимулирование дизайнеров – модных предпринимателей – вручением заслуженных модных премий.

Заключение

Таким образом, модные премии играют важную роль в мотивации, поддержке и продвижении российских дизайнеров. Российским законодательством не ограничена регистрация модных премий, поэтому их существует большое множество, в том числе никак не зарегистрированных и даже не имеющих юридического лица.

При выборе дизайнерами как физическими лицами, а тем более модными брендами-организациями модных премий следует проявлять должную осмотрительность и проводить анализ представленной на сайте премии информации. Кроме того, важно смотреть, в каких СМИ отражаются результаты премий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ рынка одежды в России в 2017-2021 гг., прогноз на 2022-2026 гг. Перспективы рынка в условиях санкций // *Businessstat* [https://businessstat.ru/images/demo/clothes_russia_demo_businessstat.pdf]. Дата обращения: 06.11.2022].
2. Исследование. Модный журнал Harper's BAZAAR Serbia и Журнал «Богема» провели анализ российского рынка модных (и креативных) премий// Журнал «Богема»/La Boheme Magazine [<https://laboheme.moscluster.com/?p=61260>]. Дата обращения: 06.11.2022].
3. *Седых И.А.* Индустрия моды 2019 // Центр развития. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» [<https://dcenter.hse.ru/data/2019/06/03/1495959454/Индустрия%20моды-2019.pdf>]. Дата обращения: 06.11.2022].
4. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ.
5. B.S. Frey, S. Neckermann. Awards: A Disregarded Source of Motivation // *Perspectives in Moral Science*, ed. by M. Baurmann & B. Lahno, 2009, 177 [https://www.researchgate.net/publication/41389964_Awards_A_Disregarded_Source_of_Motivation]. Дата обращения: 09.11.2022].
6. Coty Fashion Awards Discontinued // *The New York Times*. 1985-06-14. ISSN 0362-4331.
7. List of fashion awards // *Wikipedia* [https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_fashion_award]. Дата обращения: 09.11.2022].
8. Nagrade su važne za umetnike, jer promovišu kreativnost // *Harper's BAZAAR Serbia* [<https://www.harpersbazaar.rs/moda/revije/nagrade-uruskoy-modnoj-industriji-istravanje-casopisa-la-boheme>]. Дата обращения: 06.11.2022].
9. *S. Neckermann, M. Kosfeld.* Working for Nothing? The Effect of Awards on Employee Performance. // *Mimeo*, University of Zurich, 2009
10. Reforming the System of Honours and Titles// *The Economist*. July 15, 2004, 31.

11. *Welters L.* Twentieth-century American Fashion.// *Berg Publishers*. p. 116. 2005

REFERENCES

1. Analysis of the clothing market in Russia in 2017-2021, forecast for 2022-2026 Market prospects under sanctions // *Businessstat* [https://businessstat.ru/images/demo/clothes_russia_demo_businessstat.pdf]. Date of access: 11.06.2022].
2. Research. Fashion magazine Harper's BAZAAR Serbia and Boheme Magazine conducted an analysis of the Russian market of fashion (and creative) premiums// *La Boheme Magazine / La Boheme Magazine* [<https://laboheme.moscluster.com/?p=61260>]. Date of access: 11.06.2022].
3. *Sedykh I. A.* Fashion industry 2019 // Development Center. National Research University Higher School of Economics [Electronic resource] URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2019/06/03/1495959454/Индустрия%20моды-2019.pdf>. Accessed: 06.11.2022].
4. Federal Law No. 184-FZ. "On Technical Regulation". December 27, 2002
5. Bruno S. Frey and Susanne Neckermann. Awards: A Disregarded Source of Motivation // *RMM Vol. 0, Perspectives in Moral Science*, ed. by M. Baurmann & B. Lahno, 2009, 177-182 [https://www.researchgate.net/publication/41389964_Awards_A_Disregarded_Source_of_Motivation]. Date of access: 11/09/2022]
6. Coty Fashion Awards Discontinued // *The New York Times*. 1985-06-14.
7. List of fashion awards // *Wikipedia* [https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_fashion_awards]. Accessed: 11/09/2022]
8. Nagrade su važne za umetnike, jer promovišu kreativnost // *Harper's BAZAAR Serbia* [<https://www.harpersbazaar.rs/moda/revije/nagrade-uruskoy-modnoj-industriji-istravanje-casopisa-la-boheme>]. Date of access: 06.11.2022].
9. Neckermann, S. and M. Kosfeld. Working for Nothing? The Effect of Awards on Employee Performance". *Mimeo*, University of Zurich. 2009
10. Reforming the System of Honors and Titles. *The Economist*, July 15, 2004, 31.
11. *Welters L.* Twentieth century American Fashion. *Berg Publishers*. p. 116. 2005

Рекомендована кафедрой продюсерского мастерства АНО ВО «ГИТР». Поступила 06.11.22.

**ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ***

**TEXTILE WASTE PROCESSING TECHNOLOGIES:
PROBLEMS AND PROSPECTS**

А.А. АЗАНОВА, Л.Г. ХИСАМИЕВА

A.A. AZANOVA, L.G. KHISAMIYEVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: AzanovaAA@corp.knrtu.ru

В статье представлен краткий обзор направлений в технологиях переработки текстильных отходов. Ежегодно в мире и России образуется значительное количество текстильных отходов, при этом перерабатывается не более 13%. Переработка бывшей в употреблении одежды представляет большие сложности из-за необходимости тщательной сортировки, разборки, стирки и дезинфекции. Приведен анализ методов рециклинга с точки зрения экономики замкнутого цикла, текстильные отходы могут быть переработаны на разных уровнях: одежда, полотно, волокно, полимер или мономер. Кратко описаны направления технологий рециклинга, основанные на механических, физических и химических методах воздействия на материал. Указаны ведущие российские предприятия, перерабатывающие текстильные отходы и отходы полиэтилентерефталата в текстильные волокна. Представлены перспективные технологии переработки смешанных текстильных материалов. На основе анализа зарубежного и российского опыта авторами сформулированы перспективные направления развития технологий переработки текстильных отходов: производство продукции с заранее запланированной возможностью переработки, технологии получения химически регенерированной целлюлозы с более высокими прочностными показателями, переработка натуральных волокон, удешевление технологий химического рециклинга полимеров, развитие биологических экологически чистых технологий рециклинга.

The article presents a brief overview of textile waste processing technologies. It is shown that a significant amount of textile waste is generated annually in the world and Russia. Of this, no more than 13% is transferred. Recycling of used clothes presents great difficulties due to the need for careful sorting and disassembly, washing, disinfection. The analysis of the methods of recycling from the point of view of the circular economy is given. Textile waste can be recycled at different levels: fabric, fiber, polymer or monomer. The classification of processing methods depending on the level of processing is considered. The directions of recycling technologies based on mechanical, physical and chemical methods of material exposure are briefly described. The leading Russian enterprises processing textile

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Благотворительного фонда Владимира Потанина № ГСГК-0143/21 Новый магистерский курс «Технологии рециклинга отходов индустрии моды»

waste and polyethylene terephthalate waste into textile fibers are indicated. Promising technologies for processing mixed textile materials are presented. Based on the analysis of foreign and Russian experience, the authors formulated promising directions for the development of textile waste processing technologies: the development of production technologies with a pre-planned possibility of processing, technologies for obtaining chemically regenerated cellulose with higher strength indicators, the development of technologies for processing natural fibers, cheaper technologies for chemical recycling of polymers, the development of biological environmentally friendly recycling technologies.

Ключевые слова: текстильные отходы, переработка, экономика замкнутого цикла, регенерированное волокно, вторичное сырье.

Keywords: textile waste, recycling, closed-cycle economy, regenerated fiber, secondary raw materials.

В последние годы во всем мире растет озабоченность по поводу утилизации текстильных отходов. Так, их ежегодный мировой объем, включая нераспроданную одежду, по данным экспертов достигает 92 млн тонн, а к 2030 году ожидается 134 млн тонн. Наиболее эффективным способом обработки отходов является их переработка. Существующие на сегодняшний день в мире технологии теоретически позволяют переработать и использовать вторично до 95% текстильных отходов, однако фактически доля составляет не более 13%, а в производстве одежды используется не более 1% вторичных материалов. В настоящее время большая часть вторичной переработки заключается в передаче обработанных отходов в другие отрасли промышленности и использовании при изготовлении менее дорогостоящей продукции, которая далее, как правило, переработке не подлежит.

В России текстильные отходы от общего объема твердых коммунальных отходов составляют около 1,5%, а текстильной продукции выпускается около 962 тысячи тонн в год. Для переработки отходов такого типа в чистое вторсырье в стране имеются мощности лишь на 25 тысяч тонн в год [1].

В 2022 г. в России утвержден паспорт Федерального проекта "Экономика замкнутого цикла" (ЭЗЦ) [2]. В первую очередь инициатива направлена на возврат в хозяйственный оборот полезных компо-

нентов, которые можно извлечь из отходов производства и потребления. При такой экономической модели максимальное количество отходов должно превращаться во вторсырье – перерабатываться и использоваться повторно. Главная задача ЭЗЦ – сохранить ценность вещей, материалов и ресурсов в экономике как можно дольше.

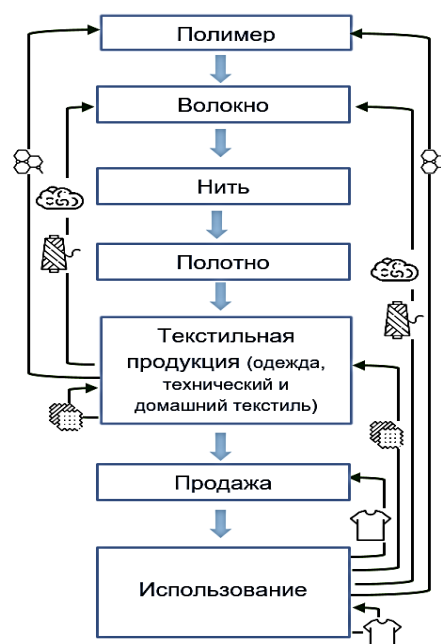


Рис. 1

Добиться этого предлагается тремя способами:

- полностью замкнуть производственные циклы, максимально перерабатывая материалы и восстанавливая товары;

– сократить долю используемых материалов при производстве за счет улучшения дизайна конструкции;

– замедлить потребление, популяризируя аренду, совместное использование и ремонт [2].

В экономике замкнутого цикла ценность сохраняется либо в биологических, либо в технических циклах. Благодаря вторичной переработке материальная ценность текстиля может быть сохранена на разных уровнях (рис. 1); по мере того как материалы перемещаются дальше по цепочке создания стоимости, сохраняемая ценность уменьшается.

Текстильные отходы могут быть переработаны на разных уровнях: одежда, полотно, волокно, полимер или мономер. Каждый тип переработки требует использования нескольких методов в зависимости от характеристики отходов. Начало любого процесса заключается в сортировке и предварительной подготовке сырья, а затем применении механических, физических или химических методов [3] (рис. 2).

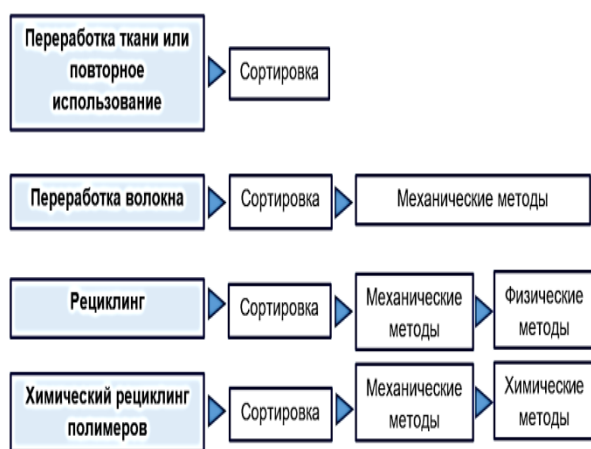


Рис. 2

Следует отметить, что существует большая разница в использовании производственных отходов (текстильного и швейного производства) и потребительских. Бывшие в употреблении текстильные изделия обычно более загрязнены, длина и прочность волокна существенно уменьшается из-за носки и стирки, к тому же они требуют удаления фурнитуры, сортировки

по видам материалов, стирки и дезинфекции, что является очень трудоемким. В результате их перерабатывать гораздо сложнее, чем производственные отходы.

На уровне нераспроданной или бывшей в употреблении одежды одним из направлений переработки является производство новых швейных изделий. В настоящее время в России начали появляться апсайкл-бренды, производящие одежду, сумки, аксессуары из таких отходов ("Rig Raiser", "Vina", "Rishi", "Jeans Revision" и многие другие). Производство новых швейных изделий возможно также при повторном использовании текстильного полотна в виде отходов швейного производства: межлекальных выпадов и концевых остатков, которые составляют от 10 до 30% от используемого материала. Однако несмотря на повышение интереса к данному направлению в настоящий момент такие производства не могут обеспечить широкие масштабы решения проблемы утилизации текстильных отходов.

Механические методы

Механические методы подразумевают использование механических процессов (резка, разволокнение и т.д.) для разделения волокон. При этом состав и структура волокон сохраняются. Таким способом перерабатывают в основном хлопчатобумажные и шерстяные текстильные отходы. Смесовые отходы также могут быть переработаны, но это затрудняет получение стабильных показателей качества вторичной пряжи. При отсутствии строгой сортировки сырья по цвету и смесовому составу получается волокнистая масса, которая пригодна для использования в качестве наполнителей (например, для мебели, матрасов), утепляющих и прокладочных полотен различного назначения, звуко- и теплоизоляционных материалов в строительстве, систем фильтрации, геотекстиля и т.п. При качественно проведенных операциях сортировки и использовании отходов, однородных по составу, возможно получение вторичной пряжи: хлопчатобумажной, шерстяной или из синтетических волокон [4]. Поскольку текстиль окрашивается во время первого производства, волокно мо-

жет подвергаться дополнительной жидкофазной обработке: отбеливанию или повторному крашению. Вторичное волокно, разумеется, будет отличаться от первичного, что ограничивает его область применения. Оно будет короче по длине и менее прочным вследствие операций измельчения. При этом выход регенерированного волокна зависит от характеристик исходного сырья и составляет обычно не более 40-50%. Для регенерированных волокон в связи с разнородностью длин и разрывных нагрузок требуется дополнительная операция – рассортировка их по длинам, которая дает управляемые стабильные характеристики и возможность наиболее экономично вкладывать прядомое волокно в более дорогие и качественные изделия [5]. Один из способов улучшения качества вторичной хлопчатобумажной пряжи – смешивание с первичными волокнами или с более дешевыми полиэфирными. Количество переработанного хлопка в пряже может варьироваться от 20% до 90%.

Отходы на основе регенерированной целлюлозы (вискоза, лиоцелл) и ацетата целлюлозы также могут подвергаться физической переработке. Однако, поскольку их прочность намного ниже прочности хлопка, повторное использование возможно только для технических целей, а не для производства тканей.

В России регенерированные волокна и изделия из них производят крупные компании: "Втор-Ком" (г. Челябинск), "Ивтехно" (г. Иваново), "КузбассЭко" (г. Кемерово), "Омская фабрика нетканых материалов" (г. Омск) и другие. Основной ассортимент продукции данных предприятий – вата и разнообразные нетканые полотна.

Применение регенерированной шерстяной пряжи позволяет удешевить продукцию на 30-40%. Зарубежные фирмы, предлагающие регенерированную шерстяную пряжу и продукцию: "Recycler Wolkat", "Geetanjali", "3CFilati", "Kremke Soul Wool" [6].

Получение вторичных волокон и текстильных полотен на их основе является более глубоким уровнем переработки, чем получение волокнистой массы как напол-

нителя или сырья для нетканых материалов. Однако для реализации принципов экономики замкнутого цикла одного этапа возврата в цепочку создания ценности недостаточно, для реализации этого подхода больше перспектив имеют физические методы.

Физические методы

Физические методы основаны на физических процессах плавления или растворения волокна, при этом химический состав полимера сохраняется. Формование вторичного волокна происходит из расплава или из раствора. Примером растворения может служить переработка хлопка или волокон на основе целлюлозы (вискоза, лиоцелл) для создания регенерированного целлюлозного волокна путем растворения целлюлозы и последующего формования из раствора.

Другим примером является расплавление измельченного термопластичного полимера и получение вторичных волокон методом экструзии: полиэфирных, полипропиленовых, реже полиамидных [7]. Способ ограничивается применением только для однородных материалов, поскольку условия плавления и формования у разных полимеров отличаются. Вторичные полиэфирные волокна в России в настоящее время почти полностью производятся из собираемых отходов бутылочного полиэтилентерефталата (ПЭТ). Применение ПЭТ отходов позволяет удешевить волокно, сохраняя при этом необходимое качество [8]. Кроме того, метод дает возможность производить окрашивание волокон в массу, что обеспечивает высокую устойчивость окраски и снижение промышленных выбросов, связанных с отделкой текстиля.

В России более 50 % вторичного ПЭТ используется для изготовления волокон разного назначения. Из них изготавливаются утепляющие материалы для одежды, геотекстильные полотна, автокомпоненты (ковры, обивка), ковровые покрытия для жилых и офисных помещений, звукопоглощающие материалы, фильтрующие и абсорбирующие элементы и другая продукция. Волокна большого диаметра ис-

пользуются для производства утеплителей спортивной одежды и спальных мешков, в качестве наполнителя мягких игрушек. В последние годы вторичный ПЭТ все активнее используется для изготовления щетины, находящей применение при производстве щеток различного назначения [9]. Из волокон меньшего диаметра получают одежные флисы. Среди отечественных производителей выпуск регенерированного волокна из бутылочных флексов производят компании "Технониколь" ("РБ-групп") (г. Гусь-Хрустальный), "Втор-Ком" и "Си Аэрлайд" (г. Челябинск), "Комитекс" (г. Сыктывкар), "Селена" (Карачаево-Черкесская Республика) и другие. Ведущий российский производитель нетканых полотен "Термопол" (торговая марка "Холлофайбер") с 2021 года предлагает одежные нетканые материалы на основе вторичных ПЭТ волокон марки "Эко-софт".

Химические методы

Химические методы связаны с изменением химического состава волокнообразующего полимера – модификации или деполимеризации, иногда вплоть до исходных мономеров. Это можно сделать химическими или биологическими методами (например, ферментативным). После химической переработки мономеры используются для повторного синтеза полимера или в других целях. Примером химической переработки является деструкция ПЭТ или нейлона до низкомолекулярных фракций с последующей полимеризацией и получением вторичных текстильных волокон, данные технологии демонстрируют зарубежные компании. В таких процессах ПЭТ подвергается деполимеризации при взаимодействии с химическими веществами, такими, как метанол (метанолиз с получением мономера – диметилтерефталата); этиленгликоль (гликолиз с получением бисгидроэтилтерефталата); кислоты (гидролиз с получением терефталевой кислоты) или щелочи (омыление). Эти методы достаточно энергоемки, требуют высокотехнологичного оборудования, однако дают возможность использовать сырье (отходы ПЭТ) более низкого качества, по-

скольку такие химические процессы позволяют производить дополнительную очистку. Данное направление предполагает, например, проведение процесса деполимеризации отходов ПЭТ нейтральным гидролизом до терефталевой кислоты и этиленгликоля, повторно идущих на синтез ПЭТ. Чаще всего при этом используются непрерывные процессы. Это относительно экономичные (при больших объемах) и безопасные для окружающей среды способы переработки отходов ПЭТ [10].

Находящимся сегодня на стадии опытно-промышленных разработок методом является экстрагирование селективными растворителями полимерной части отходов, благодаря которому можно получать очищенный от всех примесей полимер. Так, в 2022 году планировался запуск опытно-промышленной комплексной линии по переработке хлопкополиэфирных текстильных отходов при участии компании "Sulzer". На первом этапе растворяется полиэфирная составляющая и удаляются красители, катализаторы и другие добавки. Нерастворимые добавки выделяются в виде тонких порошков и извлекаются в процессе фильтрации. В результате получается два продукта: крошка из ПЭТ, с одной стороны, и целлюлозная масса, которая может быть повторно использована для прядения нитей, – с другой [11].

Технологическими препятствиями для широкого распространения переработки текстильных отходов являются проблемы, связанные с сортировкой отходов и их подготовкой. Поскольку текстильные изделия являются неоднородными по волокнистому составу, при этом одежда помимо текстиля может содержать фурнитуру и другие материалы, переработка таких отходов является трудоемкой, энергозатратной и в целом дорогостоящей. Так, суммарные расходы на трансформацию ветхого текстиля составляют около 60 руб./кг, и в зависимости от вида материала продажа сырья позволяет возратить лишь от 3 до 25 руб./кг [12]. Поэтому предприятиям этой сферы требуется поддержка [13], [14], создание специальных государственных программ, стимулирующих переработку.

ВЫВОДЫ

Наиболее рациональным подходом к вопросу снижения количества отходов является их предотвращение. Перспективным является развитие технологий производства продукции с заранее запланированной возможностью переработки (например, создание одежды из однородных волокон или смешанных волокон, которые могут быть переработаны в смешанном виде). Актуальным является создание альтернативы полиуретановым текстильным волокнам, которые на данный момент не перерабатываются, создание технологий получения химически регенерированной целлюлозы с более высокими прочностными показателями, развитие технологий переработки натуральных волокон – альтернативы хлопку, наносящих минимальный вред окружающей среде (льняного, конопляного и других), удешевление технологий химического рециклинга полимеров, развитие биологических экологически чистых технологий рециклинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. В России увеличат объемы переработки одежды [https://rg.ru/2022/05/27/v-rossii-uvlichat-obemu-pererabotki-odezhdy.html]
2. Единая платформа экономики замкнутого цикла России [https://reo.ru/ezc].
3. *Bos H. L., Harmsen P.* Textiles for Circular Fashion. Part 1: Fibre Resources and Recycling. Wageningen: Options Wageningen Food & Biobased Research, 2020.
4. *Герасимович Е.М.* Проблемы и перспективы вторичной переработки отходов текстильной промышленности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №5-1. С. 79...82.
5. *Фролова И.В., Ишанова Н.С.* Усовершенствование технологии регенерации текстильных волокон из отходов в виде лоскута // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. №4(364). С. 82...86.
6. A new textiles economy: redesigning fashion's future [https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy]
7. *Клинков А.С., Беляев П.С., Соколов М.В.* Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2005.
8. *Калямина Е.Ю., Аниськова В.А., Лошкарев Р.В., Степанов В.А.* Использование вторичных полиэфирных волокон в производстве нетканых

материалов технического назначения // Сб. науч. труд. междунар. науч. конф., посв. 110-летию со дня рожд. проф. А.Г. Севостьянова. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. Ч. 1. С. 297...302.

9. *Петов Н.А.* Применение вторичного полиэтилентерефталата // Полимерные материалы. 2010. №4-5. С. 74...78.
10. *Керницкий В.И., Жур Н.А.* Переработка отходов полиэтилентерефталата // Твердые бытовые отходы. 2015. № 5(107). С. 17...23.
11. Innovative textile processing technology [https://www.sulzer.com/en/shared/stories/groundbreaking-textile-recycling-technology]
12. Системы управления бытовыми отходами разных стран: Рецепты для Института экономики роста им. Столыпина П.А. [https://stolypin.institute/wpcontent/uploads/2019/10/sistemy-utilizatsii-othodovraznyh-stran-25-09-2019.pdf]
13. *Голов П.С., Костыгова Л.А., Смирнов В.Г.* Использование текстильных отходов: анализ состояния и перспективы развития // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5. С. 241...250.
14. *Лю С.* Барьеры перехода к замкнутым цепям поставок для обеспечения устойчивости текстильной промышленности // Вестник РГЭУРИНХ. 2021. №2 (74). С.51...58.

REFERENCES

1. Russia will increase the volume of clothing recycling [https://rg.ru/2022/05/27/v-rossii-uvlichat-obemu-pererabotki-odezhdy.html]
2. The unified platform of the closed-cycle economy of Russia [https://reo.ru/ezc]
3. *Bos H.L., Harmsen R.* Textiles for Circular Fashion. Part 1: Fibre Resources and Recycling. Wageningen: Options Wageningen Food & Biobased Research, 2020.
4. *Gerasimovich E.M.* Problems and prospects of secondary processing of textile industry waste // Actual problems of humanities and natural sciences. 2016. No. 5-1. pp. 79...82.
5. *Frolova I.V., Ishanova N.S.* Improvement of technology of regeneration of textile fibers from waste in the form of a flap // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2016. № 4(364). Pp. 82...86.
6. A new textiles economy: redesigning fashion's future [https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy]
7. *Klinkov A.S., Belyaev P.S., Sokolov M.V.* Standardization and recycling of polymer materials: textbook. stipend. Tambov: Publishing house of TSTU, 2005.
8. *E.Y. Kalyamina, V.A. Aniskova, R.V. Loshkarev, V.A. Stepanov.* The use of secondary polyester fibers in the production of nonwovens for technical purposes // International scientific conference, dedicated to the 110th anniversary of the birth. prof. A.G.

Sevostyanova. Moscow: A.N. Kosygin Russian State University, 2020. Part 1. Pp. 297...302.

9. *Petov N.A.* Application of secondary polyethylene terephthalate // *Polymer materials*, 2010. No.4-5. Pp. 74...78.

10. *Kernitsky V.I., Zhir N.A.* Processing of polyethylene terephthalate waste // *Solid household waste*. 2015. No. 5(107). P. 17...23.

11. Innovative textile processing technology [<https://www.sulzer.com/en/shared/stories/groundbreaking-textile-recycling-technology>]

12. Household waste management systems of different countries: Recipes for the Stolypin P.A. Institute of Growth Economics [<https://stolypin.institute/wpcontent/uploads/2019/10/sistemny-utilizatsii-othodovraznyh-stran-25-09-2019.pdf>]

13. *Golov R.S., Kostygova L.A., Smirnov V.G.* The use of textile waste: analysis of the state and prospects of development // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. № 5 (395). Pp. 241...250.

14. *Liu S.* Barriers to the transition to closed supply chains to ensure the sustainability of the tech industry // *Bulletin of the RSEURINH*. 2021. No. 2 (74). Pp.51...58.

Рекомендована организационным комитетом IV Международного научно-практического симпозиума "Технический текстиль России: нетканые материалы, сырье, реинжиниринг". Поступила 07.03.23.

УДК 001.89; 378.184

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_263

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ СИСТЕМОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

MODERN APPROACHES TO MANAGING THE SYSTEM OF ORGANIZATION OF SCIENTIFIC ACTIVITY OF STUDENTS

Н.В. ГУТОРОВА, А.О. БУЗЬКЕВИЧ, И.В. АНДРОСОВА, О.С. ОЛЕНЕВА

N.V. GUTOROVA, A.O. BUZKEVICH, I.V. ANDROSOVA, O.S. OLENEVA

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

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: gutorova-nv@rguk.ru

В статье рассматриваются вопросы формирования системы научно-исследовательской деятельности обучающихся, направленной на решение важных задач привлечения обучающихся всех ступеней образования к выполнению научных и научно-практических проектов посредством создания эффективных условий для их выполнения, трансформации системы научной работы обучающихся как одного из основных драйверов развития современного университета.

The article deals with the formation of a system of research activities of students aimed at solving important problems aimed at attracting students of all levels of education to the implementation of scientific and scientific-practical projects by creating effective conditions for their implementation, the transformation of the system of scientific work of students as one of the main drivers of modern university development.

Ключевые слова: научно-исследовательская деятельность, управление, проектный подход, система, организация, университет.

Keywords: research activity, management, project approach, system, organization, university.

Целью данной работы является выявление основных возникающих в условиях трансформации научного студенческого сообщества особенностей и рассмотрение возможности использования современных моделей управления в сфере единого процесса «образование – наука – творчество».

Для достижения поставленной цели авторами сделана попытка по-новому оценить происходящие изменения как в процессе организации научно-исследовательской деятельности обучающихся, так и в системе межличностных коммуникаций в университете. При дефиниции проблемы использовались теоретические и эмпирические методы научного исследования.

Научно-исследовательская работа студентов в современных вузах характеризуется проектным подходом к управлению. Прежде всего, это обуславливается актуальными задачами, целями экономики и промышленности, так как именно они отвечают за формирование необходимого кадрового ресурса, реализацию стратегических инициатив, а также за успешный переход государства в целом на новый этап развития.

В указе Президента Российской Федерации Путина В.В. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [1] одной из первостепенных задач является становление России как одной из лучших стран по показателям качества образования. Являясь важным элементом экономической государственной системы, именно образование генерирует, передает знания и навыки, необходимые для осуществления процессов создания и распространения новых продуктов и услуг, управления этими процессами с использованием современных технологий. Нынешняя система образования, выступая своеобразной колыбелью зарождения у обучающихся необходимых для науки качеств и навыков, должна сама соответствовать текущим требованиям рынка, активно использовать передовые инструменты

управления и организации деятельности, что и определяет интенсификацию внедрения и применения проектных технологий в деятельности учреждений высшего образования. По мнению исследователей Высшей школы экономики, проводивших анализ результатов внедрения проектного управления НИРС в вузах [2], спектр элементов данного вида управления в учебных заведениях на сегодня достаточно обширен и может отражаться в создании новых структурных подразделений.

Помимо проектного управления, учебные заведения в России активно используют технологии гибкого проектного управления, элементы новой Agile-философии и Scrum-подхода, получившего название eduScrum. Однако стоит отметить, что проектная ориентация в системе высшего образования направлена или на изменение процесса обучения путем внедрения проектных практик, или на внедрение в деятельность элементов и методик проектного управления, в том числе и для развития научных, инновационных и творческих проектов [3].

Современные вызовы требуют от учреждений высшего образования непрерывной работы с образовательными программами, которые должны обеспечивать необходимую подготовку обучающихся с полным соответствием знаний и навыков требованиям конечного пользователя – работодателя. Подтверждением важности и актуальности данного факта является интенсификация процессов внедрения стандартов профессионализма, инициированных самими работодателями, в которых находят отражение конкретные требования к опыту, умениям и знаниям будущего работника, важные для выполнения определенного вида профессиональной деятельности.

В рассматриваемом контексте научно-исследовательская работа студентов – это самостоятельный проект для учебного заведения высшего образования. Для более «сильной» позиции на рынке образовательное учреждение должно осуществлять

непрерывно работу среди студенческого контингента, поддерживать уровень научных разработок и материально-технической оснащенности [4].

В качестве одного из инструментов проектного управления НИРС можно предложить внедрение проектного офиса, а с учетом повсеместно происходящей цифровой трансформации – реализованного в информационном пространстве.

Проектный офис в научно-исследовательской деятельности студентов представляет собой гибкий инструмент [5], обеспечивающий управление научными проектами вуза и направленный на достижение успеха при их реализации. Данное явление формирует дополнительную плоскость, которая позволяет создать оперативное, совместное обсуждение проектов и принимать решения, нацеленные на реализацию выбранной стратегии.

Функции проектного офиса НИРС могут варьироваться и изменяться в зависимости от структуры и масштаба учебного заведения, цели его функционирования, вида, полномочий в соответствии с положением. Как правило, к функционалу проектного офиса относят распределение и управление ресурсами в рамках научных проектов, их мониторинг, методическую и методологическую поддержку, консультативную поддержку начинающих ученых, разработку шаблонов необходимой документации, изучение новых и лучших практик проектного управления с целью их адаптации в университете.

Несмотря на то, что проектное обучение и управление используется в отечественной системе образования еще с конца XIX века, его окончательное формирование и осмысление произошло под влиянием работ американского педагога и философа Джона Дьюи, который считался одним из главных сторонников проектного управления. По его мнению, подобное управление образовательным и научным процессом помогает в более стремительном развитии, поиске необходимых условий для выполнения поставленных задач, а также в устранении ошибок, которые могут возникнуть в ходе работы [6]. Дьюи

видел в проектном управлении целостный метод, помогающий студенту познать образование на практике, освоить необходимые компетенции и сформировать навыки для дальнейшей работы вне стен учебного заведения.

Помимо Джона Дьюи, проектный подход в образовании поддерживают и отечественные исследователи [7]. Так, например, в ходе анализа литературы на данную тему выделены преимущества и недостатки использования проектного подхода к управлению научно-исследовательской работой студентов. К положительным аспектам можно отнести следующее:

- отлаженная система внутренней коммуникации между обучающимися, профессорско-преподавательским составом и администрацией высшего учебного заведения;
- шаблонность операций и действий при выполнении поставленной задачи;
- приоритет стратегических задач над оперативными;
- единые критерии оценки результатов научно-исследовательской работы студентов;
- четкое разделение обязанностей и задач, что ведет к большей вовлеченности в научный процесс;
- «прозрачность» научно-образовательного процесса;
- гибкий подход и быстрое реагирование на новые вызовы со стороны государства.

Эффективность проектного подхода к управлению НИРС доказывается и тем, что недостатков значительно меньше, чем преимуществ. Эксперты в области отечественного образования выделяют только два [8]:

- 1) прямая зависимость результатов научно-образовательной деятельности от квалификации и компетенции участников процесса;
- 2) сложность в управлении смешанными командами.

Основным результатом внедрения проектного подхода к управлению процессом организации научной, творческой и инновационной деятельности обучающихся на современном этапе является создание эко-

системы НИРС на всех уровнях образования в университете. В федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» большое внимание уделяется именно созданию новой концепции научно-исследовательской работы молодежи [9], базирующейся на основных понятиях менеджмента образования с целью формирования инструментальных, межличностных и системных компетенций, которые должны быть сформированы и/или развиты у обучающихся на различных ступенях высшего образования. В существующей системе управления НИРС находят отражение все функции, свойственные общей теории менеджмента: организация, планирование, мотивация, координация и контроль. Именно реализация этих функций и позволяет превратить научно-исследовательскую работу обучающихся из средства развития творческих способностей наиболее успевающих студентов в мощный рычаг повышения качества подготовки всех будущих специалистов с высшим образованием [10]. Следовательно, это способствует созданию в университете такой системы, при которой каждый молодой человек, получающий высшее образование в бакалавриате, специалитете, магистратуре или аспирантуре, может реализоваться в сфере научного творчества.

При управлении системой организации НИРС учитываются следующие положения:

1. НИРС организована как система, имеющая некую общую структуру, связывающую все подразделения вуза.

2. НИРС как система имеет такие функции, как воздействие на учебный процесс, координация научной деятельности, непрерывность и преемственность, взаимосвязь учебной и внеучебной деятельности.

3. Сущность НИРС как системы заключается в организации наиболее результативного воздействия на формирование исследователя, способного решить современные теоретические и практические задачи.

Можно констатировать, что научно-исследовательская деятельность обучающихся относится к уровню развивающихся экосистем, т.е. по мере изменения свойств возникает новое качество. Другими словами, по мере накопления опыта проведения научных исследований объект НИРС (в системе НИРС – обучающийся) постоянно переходит на более высокий уровень (рис.1 – схема совершенствования научно-исследовательской работы студентов (НИРС)).

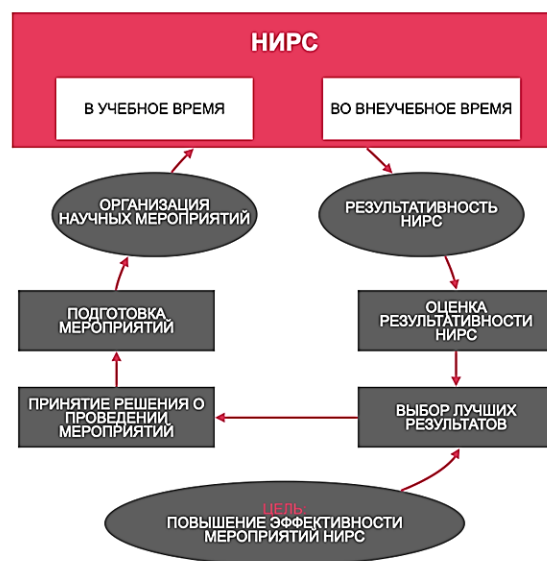


Рис. 1

Успех проектного управления в научно-исследовательской работе студентов зависит от множества факторов. Стратегический элемент способен не только организовать весь рабочий процесс в стенах вуза, но и установить надежные каналы коммуникации [11] с партнерами и сторонними организациями. Внедрение экономического фактора в управление НИРС поможет грамотно распределить как финансовые, так и материально-технические ресурсы для выполнения всех поставленных задач. Организационный элемент направлен на эффективное распределение поручений среди научного коллектива с целью уменьшения шанса появления разногласий и противоречий. Мотивационный фактор способен повысить уровень вовлеченности и осмысленности научно-исследовательского процесса, а также по-

казать каждому начинающему молодому ученому важность его роли внутри коллектива. Консолидация направлена на устранение субъективизма, что ведет к детальному обоснованию принятых решений в команде. Коммуникационный фактор, помимо своей основной функции, может улучшить атмосферу, создать правильные условия для сплочения и обмена опытом с наставником.

Таким образом, проектное управление научно-исследовательской работой студентов в условиях современной экосистемы выступает важным инструментом при решении стратегических задач отечественного образования. При его грамотном использовании оно поможет оперативно реагировать на изменения в социуме и экономике исходя из запросов и нужд государства. Помимо этого проектное управление – это то, что способно привлечь нынешнюю молодежь к научной, инновационной и творческой деятельности, что так актуально в Десятилетие науки и технологий в Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 (ред. от 21.07.2020) «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». [<http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102468157>].
2. Проектное обучение: практики внедрения в университетах. М.: Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", 2018. – 152 с. – DOI 10.17323/978-5-7598-1916-5.
3. *Lutsenko G., Lutsenko O.* Features of Management of Research Activity in Higher Educational Institutions, Active Learning - Theory and Practice. Intech Open, Feb. 09, 2022. doi: 10.5772/intechopen.100512.
4. *Белгородский В.С., Кащеев О.В., Рыбаулина И.В., Андросова И.В.* Подходы к формированию стратегии развития инновационной, творческой и научной деятельности обучающихся в современном университете // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 3 (387). С. 179...183.
5. *Dymkova S.* Methodology for Organizing Scientific Work in Telecommunications University //2023 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. IEEE
6. Дьюи Дж. Демократия и образование [пер. с англ.]. М.: Педагогика-пресс, 2000.
7. *E.A. Mamaeva, T.V. Masharova, N.A. Usova, R.E. Aslanov.* Forming Project Management Skills by

Collaborating with Students in Smartsheet. // European Journal of Contemporary Education, 21(2). 2022. <https://doi.org/10.13187/ejce.v21i2.371>.

8. *Куклина М.В., Труфанов А.И., Уразова Н.Г., Бондарева А.В.* Анализ внедрения проектного обучения в российских вузах // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. [<https://science-education.ru/ru/article/view?id=31320>. Дата обращения: 05.05.2023].

9. *Бузькевич А.О., Фирсова О.В., Осипов Н.А., Ланцева Н.А.* Формирование и совершенствование формата студенческих научных обществ в России // Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации (Социальный инженер-2022). М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. Ч. 4. С. 165...170.

10. *Белгородский В.С., Гуторова Н.В., Силаков А.В., Муртазина А.Р., Оленева О.С., Андросова И.В.* Научные конференции молодых ученых как важная компонента формирования взаимосвязи современного университета и предприятий текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 317...322.

11. *Bieliaiev S. et al.* Project Approach in the Organization of Scientific and Methodological Work by Applying Information Technology in Higher Education Institutions // International Journal of Computer Science & Network Security. 2021. Т. 21. №. 12. P. 620...628.

REFERENCES

1. Ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2018 N 204 (red. ot 21.07.2020) «O nacional'nyh celyah I strategicheskikh zadachah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda». [<http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102468157>]
2. Proektnoe obuchenie: praktiki vnedreniya v universitetah. – Moskva: Vysshaya shkola ekonomiki, 2018. – DOI 10.17323/978-5-7598-1916-5.
3. *Lutsenko G., Lutsenko O.* Features of Management of Research Activity in Higher Educational Institutions, Active Learning - Theory and Practice. Intech Open, Feb. 09, 2022. doi: 10.5772/intechopen.100512.
4. *Belgorodskij V.S., Kashcheev O.V., Rybaulina I.V., Androsova I.V.* Approaches to the formation of a development strategy for innovative, creative and scientific activity of students at the modern university // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij, Seriya Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2020. № 3 (387), P. 179-183.
5. *Dymkova S.* Methodology for Organizing Scientific Work in Telecommunications University //2023 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. IEEE
6. *D'yui Dzh.* Demokratiya I obrazovanie [translation from English]. М.: Pedagogika-press, 2000.
7. *E.A. Mamaeva, T.V. Masharova, N.A. Usova, R.E. Aslanov.* Forming Project Management Skills by Collaborating with Students in Smartsheet. European

Journal of Contemporary Education, 21(2). 2022 <https://doi.org/10.13187/ejce.v21i2.371>.

8. Kuklina M.V., Trufanov A.I., Urazova N.G., Bondareva A.V. Analiz vnedreniya proektnogo obucheniya v rossijskikh vuzah // *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*. – 2021. – № 6. [<https://science-education.ru/ru/article/view?id=31320>].

9. Buz'kevich A.O., Firsova O.V., Osipov N.A., Lanceva N.A. Formirovanie i sovershenstvovanie formata studencheskikh nauchnyh obshchestv v Rossii // *Social'no-gumanitarnye problem obrazovaniya i professional'noj samorealizacii* (Social'nyj inzhener-2022): CHast' 4. – M.: FGBOU VO «RGUim. A.N. Kosygina», 2022. – 165-170 s.

10. Belgorodskij V.S., Gutorova N.V., Silakov A.V., Murtazina A.R., Oleneva O.S., Androsova I.V. Scientific conferences of young scientists as an important

component of the formation of the relationship between a modern university and textile industry enterprises // *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij, Seriya Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. 2022. № 1 (397). P. 317-322.

11. Bieliaiev S. et al. Project Approach in the Organization of Scientific and Methodological Work by Applying Information Technology in Higher Education Institutions // *International Journal of Computer Science & Network Security*. 2021. T. 21. №. 12. P. 620-628.

Рекомендована кафедрой финансов и бизнес-аналитики Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 11.05.23.

СОДЕРЖАНИЕ

Обзорные статьи

<i>Иргашева А.Ш., Чагина Л.Л., Трынова А.В.</i> Перспективы внедрения систем замкнутого цикла в индустрии моды	5
<i>Новосад Т.Н., Сташева М.А., Гойс Т.О., Матрохин А.Ю., Коробов Н.А., Гусев Б.Н.</i> Анализ и перспективы развития цифровых методов измерения показателей свойств текстильных материалов и изделий	15

Экономика, управление и организация производства

<i>Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Безпалов В.В., Макеева О.В., Герасименко И.И., Токарева М.В.</i> Современные проблемы управления изменениями в подпрограмме "Легкая промышленность и народные художественные промыслы" Государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности"	34
<i>Степанова С.М., Сорокина Т.Ю., Сперанский С.Н., Еремина И.Ю., Мамедов С.М.</i> Оценка эффективности управления трудовой составляющей текстильного отраслевого комплекса	45
<i>Багирова А.М., Мамедов Ф.А., Таишулатов С.Ш.</i> Современное состояние и направления развития предпринимательской деятельности женщин в Азербайджане	51
<i>Нурашева К.К., Сейсенбаева Ж.М.</i> Институциональные и экономические проблемы развития хлопковой отрасли Казахстана	59
<i>Мергенбаева А.Т., Абдикеримова Г.И., Куланова Д.А., Бекманова Г.У.</i> Моделирование предпосылок кооперации легкой промышленности и научных организаций в формировании производственной программы	67
<i>Гусейнов Ю.Р., Мамедова Г.Р., Ахмедова М.И., Аллаhverдиева А.М., Ализаде Ш.С., Аскеров А.Т.</i> Критическое отношение к технопаркам	74

Материаловедение

<i>Разин С.Н., Пашин Е.Л., Орлов А.В.</i> Метод определения изгибной жесткости льняного волокна для его квалиметрии: обоснование алгоритма испытания	81
<i>Бесшапошникова В.И., Логинова Е.А., Ковалева Н.Е., Степанова И.В., Смирнова А.В.</i> Проектирование и прогнозирование свойств материалов для защиты от химически агрессивных сред	87
<i>Курденкова А.В., Бондарчук М.М., Буланов Я.И., Грязнова Е.В.</i> Прогнозирование разрывной нагрузки нетканых агротекстильных материалов после действия естественной светопогоды в зависимости от времени действия искусственной инсоляции	95
<i>Трещалин М.Ю., Трещалин Ю.М.</i> Анализ деформации волокон при образовании льда в порах геотекстильных нетканых материалов	101
<i>Шустов Ю.С., Плеханова С.В.</i> Ассортимент и классификация нетканых мембранных материалов применяемых в строительстве	104
<i>Акиндинова Т.Л., Замышляева В.В.</i> Оценка технологичности современных бортовых тканей с целью совершенствования технологии изготовления изделий ведомственного назначения	108
<i>Ясинская Н.Н., Скобова Н.В.</i> Оценка функциональных свойств двухслойных трикотажных полотен из модифицированных полиэфирных нитей	113

Первичная обработка. Прядение

<i>Оленина И.В., Шустов Ю.С., Зиновьев В.П., Рубцов В.И., Тимошенко А.Н., Исаев О.В., Сеитова А.Г.</i> Влияние линейной плотности хлопчатобумажной пряжи на её объемную плотность и диаметр поперечного сечения	120
---	-----

Технология текстильных изделий

<i>Сафонов П.Е., Юхин С.С.</i> К вопросу оценки напряженности протекания процесса ткачества при использовании полиимидных нитей	125
---	-----

Химия и технология отделки и модификации

<i>Коломейцева Э.А., Смирнов Г.А., Морыганов А.П.</i> Инновационный технический текстиль военного и гражданского назначения с использованием огнезащитных препаратов Термотекс	133
<i>Дымников Н.С., Морыганов А.П., Киселев М.Г.</i> Многофункциональные нетканые материалы для инновационных перевязочных средств	138
<i>Тарасов Л.А., Матвеева В.Ю., Сайфутдинова И.Ф.</i> Разработка технологии изготовления многослойного полимерного материала с барьерным слоем	143
<i>Ерзунов К.А., Литина А.А., Одинцова О.И., Ильичева М.Д., Петрушина В.Ю.</i> Формирование антибактериальных покрытий на текстильных материалах методом печати	150
<i>Козуб Д.А., Редина Л.В., Эльманович И.В., Денисов М.Е.</i> Исследование защитных свойств волокнистых материалов, модифицированных композициями на основе фторполимерного латекса	156
<i>Исмаилов Р.И., Эшмухамедов У.М., Хайдаров И.Н., Исмаилова Р.М.</i> Технология получения и изучение свойств антипиренов на основе эпихлоргидрина с азотсодержащими соединениями для полиакрилонитрильных волокон	162
<i>Кузнецов В.Б., Блинов О.В., Баранов А.В., Калинин Е.Н.</i> Влияние поверхностного натяжения раствора неионогенного поверхностно-активного вещества на триботехнические свойства тканого наполнителя волокнистого композита	168

Текстильные машины и агрегаты

<i>Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзюров О.Х.</i> Исследование пыльного цилиндра линтерной машины с распределенными параметрами	174
---	-----

Автоматизация и информационные технологии

<i>Долгова Е.Ю., Чижик М.А.</i> Многофункциональная цифровая модель текстильного материала	183
<i>Гиссек Н.А., Фирсов А.В., Севостьянов П.А.</i> Моделирование переходов волокон по зонам рабочего узла валичной кардочесальной машины	188
<i>Жолшиева А.З., Изтаев Ж.Д., Нышанбаева Ж.У., Медетбеков М.М., Момбекова С.С., Турганбекова М.М.</i> Опыт применения ERP-систем в текстильной промышленности Казахстана	192
<i>Сигачева В.В., Меньяло И.Е.</i> Нечеткое моделирование прогноза сроков ремонта ткацких станков при эксплуатационном диагностическом контроле	196

Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

<i>Король О.А., Кустикова Ю.О., Шенберева А.В.</i> Эксплуатационная безопасность кирпичных наружных стен предприятий текстильной промышленности	201
<i>Сафин Р.Г., Сотников В.Г.</i> Исследование кинетики термического разложения отходов текстильной промышленности растительного происхождения	209

Техническая эстетика и дизайн

<i>Хамматова Э.А., Суравцева Ю.С.</i> Проектирование моделей детской одежды на индивидуальный образ с акцентом на цветовые палитры	217
<i>Шеромова И.А., Королева Л.А., Зайцева Т.А.</i> Исследование маркеров территориальной идентичности приморского края при формировании современного регионального бренда	225

Композиты на волокнистой основе

<i>Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю.</i> Комплексные текстильные полипропиленовые нити с устойчивым фторопластовым покрытием	234
<i>Белицкая О.А., Костылева В.В., Фокина А.А., Рыкова Е.С., Соколовский А.Р.</i> Материалы шумопоглощающих устройств каблуков обуви	243

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Ананишнев В.В.</i> Мотивационный аспект модных премий в России	250
<i>Азанова А.А., Хисамиева Л.Г.</i> Технологии переработки текстильных отходов: проблемы и перспективы	257
<i>Гуторова Н.В., Бузькевич А.О., Андросова И.В., Оленева О.С.</i> Современные подходы к управлению системой организации научной деятельности обучающихся	263

CONTENTS

Review articles

<i>Irgasheva A.Sh., Chagina L.L., Trynova A.V.</i> Prospects for the Implementation of Closed Cycle Systems in the Fashion Industry	5
<i>Novosad T.N., Stasheva M.A., Gois T.O., Matrokhin A.Yu., Korobov N.A., Gusev B.N.</i> Analysis and Prospects for the Development of Digital Methods for Measuring the Properties of Textile Materials and Products	15

Economics and Production Planning

<i>Filatov V.V., Mishakov V.Yu., Bezpалov V.V., Makeev O.V., Gerasimenko I.I., Tokareva M.V.</i> Modern Challenges in Change Management in the Sub-Program "Light Industry and Folk Art Crafts" of the State Program of the Russian Federation "Industry Development and increasing its Competitiveness"	34
<i>Stepanova S.M., Sorokina T.Yu., Speransky S.N., Eremina I.Yu., Mamedov S.M.</i> Evaluation of Management Efficiency of the Labor Component of the Textile Regional Industry Complex	45
<i>Bagirova A.M., Mamedov F.A., Tashpulatov S.Sh.</i> Current Status and Directions of Development of Women's Entrepreneurship in Azerbaijan	51
<i>Nurasheva K.K., Seisenbayeva Zh.M.</i> Institutional and Economic Problems of the Development of the Cotton Industry in Kazakhstan	59
<i>Mergenbayeva A.T., Abdikerimova G.I., Kulanova D.A., Bekmanova G.U.</i> Modeling of Prerequisites for Cooperation Between Light Industry and Scientific Organizations in the Formation of the Production Program .	67
<i>Huseynov Y.R., Mammadova G.R., Ahmadova M.I., Allahversiyeva A.M., S.Alizade Sh., Askerov A.T.</i> Critical Attitude to Technology Parks	74

Materials

<i>Razin S.N., Pashin E.L., Orlov A.V.</i> A Method of Measuring Bending Rigidity of Flax Fiber During Its Qualimetry: Determining Properties of a Testing Algorithm	81
<i>Besshaposhnikova V.I., Loginova E.A., Kovaleva N.E., Stepanova I.V., Smirnova A.V.</i> Design and Prediction of Material Properties for Protection Against Chemically Aggressive Environments	87
<i>Kurdenkova A.V., Bondarchuk M.M., Bulanov Ya.I., Gryaznova E.V.</i> Prediction of the Breaking Load of Non-Woven Agro-Textile Materials after Exposure to Natural Light Weather Depending on the Time of Artificial Insolation	95
<i>Treschalin M.Yu., Treschalin Yu.M.</i> Analysis of Fiber Deformation During Ice Formation in the Pore of Geotextile Nonwoven Materials	101
<i>Shustov Yu.S., Plekhanova S.V.</i> Range and Classification of Non-Woven Membrane Materials Used in Construction	104
<i>Akindinova T.L., Zamyshlyayeva V.V.</i> Evaluation of Manufacturability of Modern Stiffening Fabrics to Improve the Technology of Manufacturing Products for Departmental Use	108
<i>Yasinskaya N.N., Skobova N.V.</i> Evaluation of the Functional Properties of Two-Layer Knitted Fabrics from Modified Polyester Threads	113

Preliminary Treatment. Spinning

<i>Olenina I.V., Shustov Yu.S., Zinovyev V.P., Timoshenko A.N., Isaev O.V., Seitova A.G.</i> Calculation of Volume Density and Diameter Cotton Yarn Depending on the Twist Coefficient	120
--	-----

Technology of Textile Products

<i>Safonov P.E., Yukhin S.S.</i> On the Issue of Tension Estimates of the Weaving Process when Using Polyimide Threads	125
--	-----

Chemistry and Technology of Finishing and Modification

<i>Kolomeytseva E.A., Smirnov G.A., Moryganov A.P.</i> Innovative Technical Textiles for Military and Civilian Purposes Using Thermotex Flame Retardants	133
<i>Dymnikova N.S., Moryganov A.P., Kiselev M.G.</i> Multifunctional Non-Woven Materials for Innovative Dressings	138
<i>Tarasov L.A., Matveeva V.Y., Sayfutdinova I.F.</i> Development of Technology for Manufacturing of Multi-layer Polymeric Material with a Barrier Layer	143

<i>Erzunov K.A., Lipina A.A., Odintsova O.I., Ilyicheva M.D., Petrushina V.Yu.</i> Formation of Antibacterial Coatings on Textile Materials by the Printing Method	150
<i>Kozub D.A., Redina L.V., Elmanovich I.V., Denisov M.E.</i> Research of the Protective Properties of Fibrous Materials Treated by Compositions Based on Fluoropolymer Latex	156
<i>Ismailov R.I., Eshmuxamedov U.M., Xaydarov I.N., Ismailova R.M.</i> Technology for Obtaining and Studying the Properties of Fire Retarders Based On Epichlorhydrin with Nitrogen-Containing Compounds for Polyacrylonitrile Fibers	162
<i>Kuznetsov V.B., Blinov O.V., Baranov A.V., Kalinin E.N.</i> Effect of the Surface Tension of a Nonionic Surfactant Solution on the Tribotechnical Properties of Woven Filler of Fibrous Composite	168

Textile Machines and Aggregates

<i>Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh.</i> Investigation of the Saw Cylinder of a Linter Machine with Distributed Parameters	174
---	-----

Automation and Information Technologies

<i>Dolgova E.Yu., Chizhik M.A.</i> Multifunctional Digital Model of Textile Material	183
<i>Gissek N.A., Firsov A.V., Sevostyanov P.A.</i> Simulation of Fiber Transitions in Working Unit Sections of a Carding Machine	188
<i>Zholshiyeva A.Z., Iztayev Zh.D., Nyshanbayeva Zh.U., Medetbekov M.M., Mombekova S.S., Turganbekova M.M.</i> Importance of Information Technology in Textile Industry of Kazakhstan	192
<i>Sigacheva V.V., Menyailo I.E.</i> Fuzzy Modeling Forecasting the Repair Time of Looms Under Operational Diagnostic Control	196

Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

<i>Korol O.A., Kustikova Y.O., Shenbereva A.V.</i> Operational Safety of Brick Exterior Walls of Textile Industry Enterprises	201
<i>Safin R.G., Sotnikov V.G.</i> Study of Thermal Decomposition Kinetics of Plant Origin Waste from the Textile Industry	209

Technical Aesthetics and Design

<i>Khammatova E.A., Suravtseva Yu.S.</i> Stages of Designing Models of Children's Clothing for an Individual Look with Accent on Color Palette	217
<i>Sheromova I.A., Koroleva L.A., Zaitcheva T.A.</i> Study of Markers of the Territorial Identity of the Primorskykrai in the Formation of a Modern Regional Brand	225

Fiber-based Composites

<i>Prorokova N.P., Vavilova S.Yu.</i> Complex Textile Polypropylene Yarns with Stable Fluoroplastic Coating	234
<i>Belitskaya O.A., Kostyleva V.V., Fokina A.A., Rykova E.S., Sokolovsky A.R.</i> Materials of Soundabsorbing Devices Heel Shoes	243

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Ananishnev V.V.</i> Motivational Aspect of Fashion Awards in Russia	250
<i>Azanova A.A., Khisamiyeva L.G.</i> Textile Waste Processing Technologies: Problems and Prospects	257
<i>Gutorova N.V., Buzkevich A.O., Androsova I.V., Oleneva O.S.</i> Modern Approaches to Managing the System of Organization of Scientific Activity of Students	263