

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

№ 4 (406)
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 (д.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.), 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.),
Н.П. ПРОРОКОВА (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.),
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.), 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.ru
<http://ttp.ivgpi.ru>*

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796.
Сдано в набор 01.08.2023. Подписано в печать 31.08.2023. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 31,16. Заказ 5791. Тираж 400 экз.

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

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

**№ 4 (406)
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 (d.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.), 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.), N.P. PROROKOVA (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. 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.), 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.ru
<http://ttp.ivgpu.ru>*

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796.
Passed for typesetting on 01.08.2023. Signed for printing on 31.08.2023. Format 60×84 1/8.
31.16 conventional sheets. Order 5791. 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.ru

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

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_5

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

**ANALYSIS OF STATE AND DIRECTIONS OF QUALITY ASSESSMENT
IMPROVEMENT OF TEXTILE MATERIALS AND PRODUCTS**

*Т.Н. НОВОСАД¹, Т.О. ГОЙС¹, М.А. СТАШЕВА¹, И.А. ЛОМАКИНА¹,
М.А. ЛЫСОВА², Н.А. ГРУЗИНЦЕВА¹, Б.Н. ГУСЕВ¹*

*T.N. NOVOSAD¹, T.O. GOIS¹, M.A. STASHEVA¹, I.A. LOMAKINA¹,
M.A. LYSOVA², N.A. GRUZINTSEVA¹, B.N. GUSEV¹*

¹Ивановский государственный политехнический университет,
²Ивановский государственный химико-технологический университет)

¹Ivanovo State Polytechnic University,
²Ivanovo National University of Chemistry and Technology)

E-mail: mtsm@ivgpu.ru

Качество продукции представляет собой материальную основу удовлетворения как производственных, так и личных потребностей людей, и этим определяется его уникальная экономическая и социальная значимость. Объективная оценка качества продукции необходима не только самим производителям и ее соответствующим потребителям, но и при решении других маркетинговых и экономических проблем, в частности, при определении уровня конкурентоспособности продукции и самого промышленного предприятия, при формировании конкурентоспособного ассортимента продукции, производимого предприятием, при определении результативности технологических процессов. Комплексная оценка качества продукции необходима при назначении ее конкурентной цены с учетом как конкурентного потенциала предприятия-изготовителя, так и качества производимой им продукции и позволяет обеспечить дополнительный уровень конкурентоспособности потребительской продукции на выбранном сегменте рынка.

В методологии оценки качества текстильных материалов и изделий можно выделить два подхода, а именно: оценку качества по соответствующим стандартам и оценку качества на основе использования методов квалиметрии. Первый подход основан на определенных исторически сложившихся традициях, существующих в конкретной отрасли, и постоянно отражается в соответствующих межгосударственных и национальных стандартах на определенную по виду текстильную продукцию. Второй подход связан с все нарастающим потоком научных публикаций, основан-

ных на современных методах квалиметрии по оценке качества текстильной продукции с использованием обобщенного (комплексного) показателя.

При оценке качества текстильных материалов и изделий подробно рассмотрен и инновационный подход, связанный с возможностью совмещения оценки качества текстильной продукции по стандартам с одновременным использованием методов квалиметрии. Рассмотрены и другие практические предложения по совершенствованию самой системы оценки качества текстильных материалов и изделий.

На основании проведенного анализа нормативного и квалиметрического подходов к оценке качества различных видов текстильных материалов и изделий определены возможные направления работы по дальнейшему совершенствованию их системы оценки качества.

The quality of products is the material basis for satisfying both the production and personal needs of people, and this determines its unique economic and social significance. An objective assessment of product quality is necessary not only for the manufacturers themselves and their respective consumers, but also in solving other marketing and economic problems. In particular, in determining the level of competitiveness of products and the industrial enterprise itself, forming a competitive assortment of products produced by the enterprise, determining the effectiveness of technological processes. A comprehensive assessment of product quality is necessary when assigning its competitive price, taking into account both the competitive potential of the manufacturer and the quality of its products, which allows to obtain the additional level of consumer products competitiveness in the selected market segment.

In quality assessment methodology of textile materials and products, two approaches can be distinguished, namely, quality assessment according to relevant standards, and quality assessment based on the use of qualimetry methods. The first approach is based on certain historically established traditions existing in a particular industry, which has been constantly reflected in the relevant interstate and national standards for certain types of textile products. The second approach is associated with an ever-increasing flow of scientific publications based on modern methods of qualimetry for quality assessing of textile products based on a generalized (complex) indicator.

When assessing the quality of textile materials and products, an innovative approach is also considered in detail, related to the possibility of combining the assessment of the quality of textile products both according to standards and at the same time based on the use of qualimetry methods. Other practical proposals for improving the quality assessment system of textile materials and products are also considered.

As a result, based on the analysis of normative and qualimetric approaches in assessing the quality of various types of textile materials and products, possible areas of work for further improvement of their quality assessment system have been identified.

Ключевые слова: текстильные материалы и изделия, качество, оценка, стандартные и квалиметрические методы.

Keywords: textile materials and products, quality, assessment, standard and qualimetric methods.

Качество продукции представляет собой материальную основу удовлетворения как производственных, так и личных потребностей людей, и этим определяется его уникальная экономическая и социальная значимость. Чем выше качество продукции, тем большими материальными возможностями располагает экономика государства для своего дальнейшего прогресса. Экономическое содержание качества продукции определяется овестьствованным результатом производственной деятельности, сопряженной с соответствующими для достижения данной цели дополнительными затратами. Социальное значение качества продукции определяется за счет удовлетворения соответствующих запросов потребителей.

Рассмотрим различные понятия качества продукции, приведенные в международной и национальной нормативной литературе. В международном стандарте ИСО 8402-86 "Качество. Словарь" качество определено как "...совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности". Если соотнести свойства с качественными характеристиками, то под термином "характеристики" подразумевают количественные характеристики. Следовательно, в данном определении использованы характеристики сразу двух уровней. Это нашло подтверждение в последующей редакции ИСО 8402-94 "Управление качеством и обеспечение качества. Словарь", где качество являлось "...совокупностью характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности", т.е. характеристик всех уровней. Вместе с этим в национальном стандарте ГОСТ 15467-79 "Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения" понятие "качество" обозначено как "...совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением", т.е. дано только на уровне качественных характеристик.

В следующей редакции ИСО 9000-2001 "Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь" определение качества продукции (услуги) приведено в варианте: "качество – степень соответствия собственных характеристик требованиям". В этом же стандарте пояснено, что "собственные" характеристики в отличие от термина "присвоенные" означают имеющиеся в продукции изначально. "Степень соответствия ...требованиям" отражает определенные соотношения между планируемыми и нормативными характеристиками, что показывает только их количественную сторону. В последней редакции международного стандарта ИСО 9000-2015 понимание качества трактуется так: "качество – степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям". Присущие характеристики означают, что они изначально имеются в самом объекте.

Таким образом, в указанных выше международных стандартах ИСО понятие (определение) качества как сложного свойства продукции в конечном итоге постепенно трансформировалось в понятие "оценка качества" продукции.

В работе [1] для решения проблем проектирования и количественного оценивания качества продукции предложено ввести два взаимосвязанных определения. Одно на уровне качественных характеристик в варианте: "Качество является сложным свойством продукции, содержащим совокупность потребительских свойств". Другое определение на уровне количественных характеристик в виде: "Оценка качества продукции – это степень соответствия фактических значений информативных количественных характеристик потребительских свойств их требуемым значениям".

Объективная оценка качества продукции необходима не только самим производителям и ее соответствующим потребителям, но и при решении других маркетинговых и экономических проблем, в частности, при определении уровня конкурентоспособности продукции [2] и самого промышленного предприятия [3], при формировании конкурентоспособного ассорти-

мента продукции, производимого предприятием [4], при определении результативности технологических процессов. Например, в работе [5] показано, что потребительская результативность рассчитывается с применением показателей качества, отражающих требования потребителя к конкретной продукции, а технологическая (производственная) результативность исследуемого процесса оценивается на базе показателей (характеристик), необходимых последующему технологическому процессу.

Комплексная оценка качества продукции необходима и при назначении ее конкурентной цены с учетом как конкурентного потенциала предприятия-изготовителя, так и качества производимой им продукции [6] и позволяет обеспечить дополнительный уровень конкурентоспособности потребительской продукции на выбранном сегменте рынка.

Методы и объекты исследования

В методологии оценки качества потребительских товаров можно выделить два подхода, а именно: оценку качества продукции по стандартам и оценку качества товаров на основе применения методов квалиметрии. Первый подход основан на определенных исторически сложившихся традициях, существующих в конкретной отрасли, и постоянно отражается в соответствующих межгосударственных и

национальных стандартах на определенную по виду продукцию. Второй подход связан с все нарастающим потоком научных публикаций, основанных на современных методах квалиметрии по оценке качества продукции с использованием обобщенного (комплексного) показателя. Проведем для продукции предприятий текстильной и легкой промышленности более подробный анализ особенностей нормативной и квалиметрической оценки ее качества.

Анализ действующих нормативных документов на оценку качества текстильных материалов и изделий показывает, что процесс оценки качества по стандартам последовательно включает следующие операции: "выявление единичных показателей качества (ЕПК) → установление градации качества → определение уровней градации качества". Для различных текстильных изделий применяют следующие наименования градаций: сорт, тип, класс, качество, номер. Уровни градаций качества выделяются как словесными (высший, хороший, средний), так и числовыми данными (1, 2, ...). В частности, для текстильных волокон имеют место различные названия градаций, которые относятся к определенному виду волокон. Основные показатели качества в соответствии с градациями и их уровнями на различные виды текстильных волокон приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Вид волокна (номер стандарта)	Градация качества и их уровни	Единичные показатели качества
Полиэфирное хлопкового типа (ГОСТ 25716-94)	Сорт: высший, первый, второй	Удельная разрывная нагрузка Удлинение при разрыве Отклонение фактической линейной плотности от номинальной Отклонение фактической длины от номинальной Количество извитков на 1 см Линейная усадка Пороки внешнего вида Массовая доля замасливателя Белизна
Льняное (короткое) (ГОСТ 9394-76*)	Номер: 2, 3, 4, 6, 8	Абсолютная разрывная нагрузка Массовая доля костры и сорных примесей Внешний вид
Льняное (трепаное) (ГОСТ 10330-76)	Номер: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24	Абсолютная разрывная нагрузка Массовая доля костры и сорных примесей Внешний вид

Хлопковое (ГОСТ 3279-76)	Сорт: отборный, 1, 2, 3, 4, 5, 6	Абсолютная разрывная нагрузка Коэффициент зрелости Массовая доля пороков и сорных примесей
	Тип: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Штапельная массодлина Относительная разрывная нагрузка Линейная плотность
Хлопковое (O'z DSt 604-2001)	Тип: 1а, 1б, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Верхняя средняя длина Штапельная длина Удельная разрывная нагрузка
	Сорт: 1, 2, 3, 4, 5	Внешний вид Цвет Наличие пятен
	Класс: высший, хороший, средний, обычный, сорный	Содержание пороков и сорных примесей
Шерстяное (тонкое, мытое и сортированное) (ГОСТ 26383-84)	Качество: 60к, 64-60к, 64к, 64-70к, 70к, 80к	Средняя тонина Среднее квадратическое отклонение тонины
	Длина: 1, 2, 1-2, 3, 4, гребенная, аппаратная	Длина
	Состояние: нормальная, пожелтевшая, сорная, репейная, сорнопожелтевшая, сорно-репейно-дефектная	Внешний вид
	Цвет: белая, светло-серая, цветная	Цвет

Анализ приведенных в табл. 1 данных показывает, что существующая схема классификации качества волокон имеет ряд недостатков: набор единичных показателей качества у различных видов волокон различен (у хлопковых – 7, у льняных – 3, у шерстяных – 4, у полиэфирных – 9), а в их наименовании отсутствует единый подход, непостоянно количество уровней градации качества волокон. Кроме того, их наименования даются как качественными, так и количественными характеристиками.

Анализ системы оценки качества для большинства видов текстильных нитей показывает, что имеется только один вид градации качества – сорт и лишь для хлопчатобумажной пряжи существует два вида градации – сорт и класс. Количество уровней градаций качества непостоянно. Например, для хлопчатобумажной пряжи гребенной системы прядения градация качества "сорт" имеет четыре уровня: высший, 1, 2, 3; для шерстяной пряжи существует два уровня градации: 1, 2. Кроме этого совокупность единичных показателей качества для отдельных видов пряжи сформирована по различным принципам, а наименования и обозначения по некоторым одинаковым единичным показателям

качества различных видов нитей не совпадают.

Анализ существующих методов оценки качества текстильных полотен производится в соответствии с нормативными документами, где рассматривают только один вид градации качества – сорт. Из единичных показателей качества выделяют физико-механические показатели и дефекты внешнего вида, которые зависят от волокнистого состава ткани. Кроме того, из-за небольшого числа уровней градации качества существенно снижается точность оценки. Особенность нормативных документов состоит в том, что на основании совместной оценки физико-механических показателей и дефектов внешнего вида устанавливается качественная градация – сорт ткани, а далее непосредственно устанавливаются уровни этой градации.

При определении сортности швейных изделий все части и детали изделий подразделяют на открытые и закрытые. На закрытых частях и деталях пороки внешнего вида и производственно-швейные пороки не учитываются, за исключением отдельных дефектов в зависимости от назначения данных изделий.

Достоинством существующих систем классификации качества текстильных изделий (полотен, швейной продукции) является то, что имеется только одна градация качества (сорт), дается одинаковое число уровней градации и только количественными показателями (1, 2), для всех видов изделий применяются одинаковые единичные показатели. Однако наличие только одного вида градации (сорт) следует отнести и к недостаткам данных систем классификации, а существующее небольшое число уровней градации качества снижает точность комплексной оценки качества изделия. Кроме того, качество швейного изделия зависит от технологии изготовления и качества применяемых материалов.

Квалиметрический подход [7] к оценке качества продукции связан с увеличением интереса к использованию современных методов квалиметрии на основе обобщенного (комплексного) показателя. Поток научных публикаций по данной тематике постоянно нарастает. Так, в [8] разработана методика определения качества хлопчатобумажной ленты, формируемой на ленточных машинах.

В статье [9] предложен комплексный метод оценки качества одежды группой экспертов на этапах проектирования и производства, а также автоматизированный расчет качества на этих этапах.

В материале [10] проведено комплексное исследование изменения механических свойств после воздействия естественной и искусственной светопогоды на ткань, выработанной из нитей Русар. Комплексная оценка качества проводилась графическим методом, который позволяет выполнять расчеты без проведения экспертного опроса, что существенно сокращает время самого процесса исследования.

В работе [11] предложена методика комплексной количественной оценки качества тентовых материалов, базирующаяся на применении метода структурирования функции качества, основанного на учете мнений потребителей при построении иерархической структуры свойств материалов и выборе критериев оценки качества, расчете обобщенного показателя качества

и определении уровня качества с использованием дискретных балловых оценок. Сформирован ранжированный ряд исследуемых материалов по спектру наиболее значимых свойств, формирующих комплексный показатель качества рассматриваемого ассортимента изделий.

Другим перспективным направлением по совершенствованию системы оценки качества текстильных материалов и изделий является совмещение как традиционного, так и квалиметрического подхода, что позволяет в оценке качества текстильной продукции перейти из шкалы порядка к шкале отношений (или к абсолютной шкале) и таким способом в итоге существенно повысить точность в оценке качества. Данное научное направление для различных видов текстильных материалов (волокон, нитей) и изделий (тканых, нетканых и трикотажных полотен, швейных изделий) в последние годы активно реализовывалось на кафедре МТСМ ИВГПУ.

Рассмотрим более подробно особенности совершенствования системы оценки качества различных видов текстильных материалов и изделий при переходе из шкалы порядка к шкале отношений.

В нормативном документе ГОСТ 25716-94 "Волокно полиэфирное хлопкового типа. Технические условия" качество полиэфирного волокна определяют по ряду единичных показателей качества (ЕПК) с последующей установкой сорта как градации качества. Уровнями этой градации предусмотрены высший, первый и второй сорт, а определение качества осуществляется по ЕПК, которые должны соответствовать нормативным значениям, установленным в данном нормативном документе. Как было показано выше, основным недостатком существующей системы оценки качества данного вида волокна является дискретность в его оценке, которая определена только в трех уровнях. Следовательно, относительная погрешность при определении качества волокна составляет 33%.

Для осуществления непрерывной оценки сорта волокна в интервале от нуля до трех единиц, где высшей категории каче-

ства соответствует нулевой уровень, а несортной продукции – третий, воспользовались методами квалиметрии [7], предварительно уточнив перечень ЕПК как на

уровне качественных, так и на уровне количественных характеристик по форме табл. 2 [12], а также ранжирование их свойств по методике [7].

Таблица 2

Обозначение свойства	Весомость	Наименование ЕПК	
		Качественные характеристики (свойства)	Количественные характеристики, единицы измерения
X ₁	0,354	Прочность	Удельная разрывная нагрузка элементарного волокна, мН/текс (не менее)
X ₂	0,177	Деформация	Относительное разрывное удлинение элементарного волокна, % (не более)
X ₃	0,117	Тонина	Номинальная линейная плотность, текс
			Максимальная линейная плотность, текс (не более)
			Минимальная линейная плотность, текс (не менее)
X ₄	0,088	Протяженность	Номинальная длина, мм
			Максимальная длина, мм (не более)
			Минимальная длина, мм (не менее)
X ₅	0,071	Извитость	Максимальное количество извитков
			Минимальное количество извитков
X ₆	0,060	Усадка	Изменение длины, % (не более)
X ₇	0,050	Замасливание	Максимальная массовая доля замасливателя, % (не более)
			Минимальная массовая доля замасливателя, % (не менее)
X ₈	0,044	Белизна	Показатель белизны, % (не менее)
X ₉	0,036	Дефектность	Наличие склеек, роговидных и грубых волокон, % (не более)
			Наличие непрорезанных волокон двойной и более длины, % (не более)
X ₁₀	0,036		

Для определения нормативных значений по несортной продукции, а также для установления предельных значений для высшего сорта осуществляли линейную

интерполяцию по известным нормативным значениям. Итоговые нормативные значения для соответствующего сорта волокна приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обозначение ЕПК $\ x_i\ $	Нормативные значения для сорта волокна				
	Предельное значение высшего сорта $(0_{пр})$	Высший (0)	Первый (1)	Второй (2)	Несортное (3)
x ₁	518	490	471	441	420
x ₂	32,5	35,0	38,0	40,0	42,6
x ₃	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
(x ₃) _{max}	0,1707	0,1734	0,1751	0,1785	0,1880
(x ₃) _{min}	0,1636	0,1632	0,1615	0,1615	0,1602
x ₄	35	35	35	35	35
(x ₄) _{max}	35,820	36,015	36,995	36,995	37,730
(x ₄) _{min}	34,750	33,985	33,005	33,005	32,220
(x ₅) _{max}	6	6	6	6	6
(x ₅) _{min}	3	3	3	3	3
x ₆	0,75	1,00	2,00	2,00	2,75
(x ₇) _{max}	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
(x ₇) _{min}	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
x ₈	75	75	75	75	75
x ₉	0	0,001	0,006	0,030	0,038
x ₁₀	0	0,005	0,005	0,020	0,023

Перевод ЕПК, имеющих соответствующие единицы измерения, в безразмерные (дифференциальные) показатели q_i осуществляли в соответствии со следующими выражениями (приведены для позитивных показателей):

$$q_i^{(0)} = (\|x_{np}^{(0)}\| - x_i) / (\|x_{np}^{(0)}\| - \|x_i^{(0)}\|) \leq 1; \quad (1)$$

$$q_i^{(1)} = (\|x_i^{(0)}\| - x_i) / (\|x_i^{(0)}\| - \|x_i^{(1)}\|) \leq 1; \quad (2)$$

$$q_i^{(2)} = (\|x_i^{(1)}\| - x_i) / (\|x_i^{(1)}\| - \|x_i^{(2)}\|) \leq 1; \quad (3)$$

$$q_i^{(3)} = (\|x_i^{(2)}\| - x_i) / (\|x_i^{(2)}\| - \|x_i^{(3)}\|) \leq 1; \quad (4)$$

где $q_i^{(0)}$, $q_i^{(1)}$, $q_i^{(2)}$, $q_i^{(3)}$ – значения дифференциальной формы i -го ЕПК соответственно для высшего, первого, второго и третьего сортов; x_i – фактическое значение i -го ЕПК; $\|x_{np}^{(0)}\|$ – предельное значение для высшего сорта; $\|x_i^{(0)}\|$, $\|x_i^{(1)}\|$, $\|x_i^{(2)}\|$, $\|x_i^{(3)}\|$ – нормативные значения соответственно для высшего, первого, второго и третьего сортов.

В том случае, когда были известны номинальные значения ЕПК (например, для удельной разрывной нагрузки и длины волокна), расчет дифференциальных показателей для всех сортов производили по формулам:

$$q_i = (x_i - \|x_i\|) / (\|(x_i)_{\max}\| - \|x_i\|) \leq 1 \quad (5)$$

(с учетом максимальных значений ЕПК),

$$q_i = (\|x_i\| - x_i) / (\|x_i\| - \|(x_i)_{\min}\|) \leq 1 \quad (6)$$

(с учетом минимальных значений ЕПК).

Для таких свойств, как белизна и извитость, необходимо наложить ограничение. При показателе белизны, равном 75 % и более, а также при количестве извитков от трех до шести соответствующие им дифференциальные показатели приравниваются к нулю, а в противном случае к единице.

Для непрерывного определения

значений сорта полиэфирного волокна использовали комплексный показатель сорта C , рассчитываемый для высшего, первого и второго сортов на основании следующих формул:

$$C_n^0 = \sum_{i=1}^n q_{x_i} \alpha_i; \quad (7)$$

$$C_n^1 = 1 + \sum_{i=1}^n q_{x_i}^c \alpha_i; \quad (8)$$

$$C_n^2 = 2 + \sum_{i=1}^n q_{x_i}^c \alpha_i. \quad (9)$$

Выбор необходимой формулы для расчета комплексного показателя сорта зависит от предварительного анализа нормативных значений для конкретного сорта волокна. Так, для фактических значений волокна: $x_1=485$ мН/текс, $x_2=37\%$, $x_3=0,175$ текс, $x_4=36,4$ мм, $x_5=3$, $x_6=1,75\%$, $x_7=0,25\%$, $x_8=81\%$, $x_9=0,02\%$, $x_{10}=0,015\%$, а также их нормативных значений, приведенных в табл. 3, показатель сорта соответствует $C^{(2)} = 2,59$, что показывает большую приближенность качества волокна к третьему сорту, чем ко второму, в соответствии с требованиями нормативного документа ГОСТ 25716-94 "Волокно полиэфирное хлопкового типа. Технические условия".

Установление сорта пряжи в соответствии с нормативными документами ГОСТ Р 51703-2001, ГОСТ 6904-83, ГОСТ 9092-81 и другими осуществляется по наихудшему значению показателя качества. Для того чтобы перейти от шкалы порядка к шкале отношений и ввести непрерывную оценку уровней качества в интервальном выражении, а именно: высший сорт – 0,00...0,99; первый сорт – 1,00...1,99; второй сорт – 2,00...2,99; третий сорт – 3,00...3,99; несортная пряжа – 4,00, предварительно выполняли следующие операции [13]: уточняли количественные характеристики для различных градаций качества и придавали им статус единичных показателей качества (ЕПК); ранжировали и

выбирали базовые значения ЕПК; прогнозировали и корректировали предельные значения ЕПК и осуществляли их перевод в безразмерные дифференциальные показатели; строили комплексные показатели для различных уровней сорта пряжи.

Для примера осуществляли расчет

уровня качества пряжи по условиям, приведенным в нормативном документе ГОСТ 6904-83, где исследуемую пряжу относили к первому сорту (показатель качества равен 1,30). Данные для расчета комплексного показателя пряжи приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование ЕПК	Значения ЕПК		
	фактическое	базовое (нормативное)	в безразмерных единицах
Удельная разрывная нагрузка (P_y), сН/текс	14,3	15,9	0,87
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке (c_p), %	11,2	9,3	0,83
Относительное отклонение результирующей кондиционной линейной плотности от результирующей номинальной (Δ_T), %	-5	1,5	0,30
Отклонение фактического числа кручений от номинального (Δ_{Kp}), %	1,78	2,94	1,65 (≈ 1)
Количество ворсинок на 10 см (n_v), ед. (негативный показатель)	308	103	0,33
Общее количество дефектов на 10 см ($n_{деф}$), пороков	11	10	0,91
Число засоренных мест (n_3), пороков	0	10	0

Далее определяли комплексный показате-

ль качества пряжи согласно выражению:

$$K = 0,18 \left(\frac{P_y / \|P_y\| + \|c_p\| / c_p}{2} \right) + 0,14 (\|\Delta_T\| / \Delta_T) + 0,17 (\|\Delta_{Kp}\| / \Delta_{Kp}) + 0,36 (\|n_{деф}\| / n_{деф}) + 0,55 (\|n_v\| / n_v) = 0,74. (10)$$

Отмечаем, что данную пряжу предварительно относили к первому сорту и далее рассчитывали непрерывный уровень качества испытываемой пряжи по формуле:

$$C_H = \frac{1-K}{0,25K} + \sum_{i=1}^n (X_{засор.})_i / \|X\| = 1,39, (11)$$

где K – комплексный показатель качества; n – количество проб в выборке, подвергнутых испытанию.

Применение предложенных выше формул для каждого сорта при расчете комплексного показателя качества пряжи с учетом нестандартизованных показателей создает дополнительные трудности для работников лабораторий контроля качества продукции текстильных предприятий. Поэтому для снижения трудоемкости определения итогового качества пряжи написана соответствующая программа, которая осуществляется в едином рабочем окне (рис. 1), где первоначально пользователю необходимо ввести исходные

данные о пряже, подвергаемой испытанию: наименование, страна производства, сырьевой состав, номинальная линейная плотность и номер нити, система прядения, структура нити, направление крутки, номинальное число кручений.

Рис. 1

Далее требуется указать особенность применения пряжи (для изготовления изделий с негативной или позитивной

направленностью по свойству ворсистости), после чего осуществляется ввод результатов испытания пряжи по единичным показателям качества. При нажатии кнопки "Рассчитать уровень качества" производится автоматический расчет комплексного показателя пряжи, результат расчета выводится в соответствующей ячейке.

Согласно нормативному документу ГОСТ 161-86 "Ткани хлопчатобумажные, смешанные и из пряжи химических волокон. Определение сортности" качество ткани определяют суммарной оценкой по физико-механическим показателям и дефектам внешнего вида. Ткани первого сорта по физико-механическим показателям должны соответствовать требованиям, установленным в нормативно-технической документации на конкретный вид ткани (например, ГОСТ 29298-2005 "Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия"). Для тканей второго сорта допускаются отклонения физико-механических показателей (ширина, число нитей на 10 см, поверхностная плотность, разрывная нагрузка) от минимальных или максимальных норм первого сорта в пределах от 1 до 5 %. В соответствии с данным стандартом суммарное количество пороков на условную длину куска ткани для первого сорта не должно превышать 10. При наличии данных по совокупности свойств, а именно присутствие отклонений по одному из физико-механических показателей относительно первого сорта, дается оценка в 11 пороков. В этом случае ткань сразу переходит на оценку второго сорта. Для перехода из шкалы порядка к шкале отношений в работе [14] предложено соответствующее выражение для обобщенной оценки качества ткани с учетом местных распространенных дефектов внешнего вида и физико-механических показателей, оцениваемых в пороках в интервале от 1,0 до 2,0:

$$C_n = (C_d - 1) + \left[\sum_{i=1}^n (X_m)_i + \sum_{j=1}^m (X_p)_j + \sum_{t=1}^k (X_{\phi m})_t \right] / \|X\|, \quad (12)$$

где C_n – непрерывное значение качества ткани; C_d – уровень сорта по требованию стандарта ГОСТ 161-86; $(X_m)_i$ – количество пороков i -го дефекта из группы местных дефектов; $(X_p)_j$ – количество пороков j -го дефекта из группы распространенных дефектов; $(X_{\phi m})_t$ – значение t -го показателя из группы физико-механических величин; $\|X\| = 30$ – максимальное количество пороков в соответствии с ГОСТ 161-86 на условную длину куска ткани.

Обобщенную количественную оценку качества ткани только по физико-механическим показателям предложено осуществлять согласно выражению:

$$C_n = (C_d - 1) + \sum_{t=1}^k [\delta(X_{\phi})_t / \|\delta X_t\|] \beta_t, \quad (13)$$

где $\delta(X_{\phi})_t = \Delta(X_{\phi})_t / \|X_t\|$;

$\Delta(X_{\phi})_t = \|X_t\| - (X_{\phi})_t$; $(X_{\phi})_t$ – фактическое значение t -го показателя качества ткани; $\|X_t\|$ – нормативное значение t -го показателя качества ткани, необходимое для установления первого сорта ткани и приведенное в технических условиях на проектируемую ткань; $\|\delta X_t\|$ – нормативное значение t -го показателя качества ткани, необходимое для установления второго сорта ткани.

При значении $C_n \geq 2$ продукция считается несортной.

Обобщенную оценку качества ткани с учетом местных распространенных дефектов внешнего вида и физико-механических показателей, оцениваемых по результатам испытаний, предложено осуществлять по формуле:

$$C_n = (C_d - 1) + \left[\sum_{i=1}^n (X_m)_i + \sum_{j=1}^m (X_p)_j \right] / \left[\|X\| + \sum_{t=1}^k [\delta(X_{\phi})_t / \|\delta X_t\|] \beta_t \right]. \quad (14)$$

Таким образом, с использованием методов квалиметрии была разработана методика количественной оценки качества ткани, которая позволяет исключить погрешность дискретности, что сущест-

венно повышает точность конечной оценки ее качества. В частности, при использовании шкалы в интервале от 0,0 до 2,0 точность оценки повышается в девять раз, а при применении шкалы в интервале от 0,00 до 2,00 точность оценки качества ткани увеличивается в девяносто девять раз.

При совершенствовании нормативной оценки качества анализ стандарта ГОСТ 28748-90 показал, что в структуре технических условий нетканых махровых полотен выделены требования к единичным показателям качества в виде абсолютных и интервальных значений, а установление первого сорта полотна осуществляется по наихудшему значению показателя. Оценка качества согласно данному стандарту осуществляется в трех уровнях: первый сорт, второй сорт и несортная продукция.

С целью непрерывной оценки качества нетканого полотна в интервале (1...2) в работе [7] выделены единичные показатели качества на основе требований нормативных документов, а также установлены интервалы, в которых находятся их нормативные значения. В итоге получен список ЕПК с указанием их нормативных значений: поверхностная плотность, показатель белизны отбеленного полотна, показатель капиллярности, показатель водопоглощаемости, разрывная нагрузка по длине, разрывная нагрузка по ширине, изменение линейных размеров после стирки и глажения по длине, изменение линейных размеров после стирки и глажения по ширине. Комплексный показатель для первого сорта по физико-механическим ЕПК определяется по формуле:

$$C_H = C_D + \sum_{i=1}^r \left(\frac{\|X_i^*\| - X_i}{\|X_i^*\| - \|X_i\|} \right) \cdot \alpha_i, \quad (15)$$

где C_D – дискретный уровень сорта по требованию ГОСТ 23244-78; r – количество единичных показателей качества для оценки первого сорта; X_i – фактическое

значение i -го единичного показателя качества; $\|X_i\|$ – нормативное значение i -го единичного показателя качества полотна, необходимое для установления первого сорта и приведенное в технических условиях ГОСТ 23244-78; $\|X_i^*\|$ – наилучшее значение i -го единичного показателя качества для первого сорта; α_i – коэффициент весомости при условии $\sum_{i=1}^r \alpha_i = 1$.

Приведем пример расчета комплексного показателя качества для установления первого сорта нетканого махрового полотна по физико-механическим ЕПК. Для исследуемого полотна Лирополь (арт. С88) получили следующие фактические значения ЕПК: $X_1=300$ г/м²; $X_2=86\%$; $X_3=92$ мм/ч; $X_4=684\%$; $X_5=354$ Н; $X_6=297$ Н; $X_7=4,5\%$; $X_8=4,5\%$. В соответствии с [15] имеем $\|X_1\|=150$ г/м²; $\|X_2\|=82$ %; $\|X_3\|=80$ мм/ч; $\|X_4\|=260$ %; $\|X_5\|=254$ Н; $\|X_6\|=108$ Н; $\|X_7\|=7,5$ %; $\|X_8\|=7,5$ %. На основании проведенных исследований известно, что $\|X_1^*\|=304$ г/м²; $\|X_2^*\|=90$ %; $\|X_3^*\|=94,1$ мм/ч; $\|X_4^*\|=700$ %; $\|X_5^*\|=377$ Н; $\|X_6^*\|=315$ Н; $\|X_7^*\|=4$ %; $\|X_8^*\|=4$ %. Все показатели принимали как равнозначимые, то есть $\alpha_i = 0,125$, $i = \overline{1, 8}$. Тогда на основе приведенных выше значений в итоге получили: $C_H = 1,15$.

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 28748-90 нетканое махровое полотно по физико-механическим показателям относится к первому сорту. По шкале отношений значение сорта равно 1,15, что позволяет скорректировать экономические показатели продукции при определении ее окончательной стоимости в зависимости от фактического уровня качества изделия.

В дальнейшем, если нетканое махровое полотно по физико-механическим показателям соответствует техническим усло-

виям ГОСТ 28748-90, определение значения показателя первого уровня качества происходит с учетом местных дефектов согласно выражению:

$$C_H = C_D + \sum_{k=1}^n \frac{(X_M)_k}{\|X_M\|} = 1,33. \quad (16)$$

где C_D – дискретный уровень сорта по требованию ГОСТ 23244-78; n – количество различных местных дефектов; $(X_M)_k$ – количество пороков k -го дефекта из группы местных (М) дефектов; $\|X_M\|=12$ – максимальное количество пороков для установления первого сорта полотна.

Согласно нормативным документам ГОСТ 11259-79 "Изделия швейные для военнослужащих. Определение сортности" и ГОСТ 12566-81 "Изделия швейные бытового назначения. Определение сортности" качественная градация (сорт) швейных изделий определяется по соответствию внешнего вида (художественно-эстетических показателей), посадки изделия на фигуре, технологии изготовления и применяемых материалов образцу (эталону), утвержденному заказчиком, а также наличию производственно-швейных дефектов и пороков внешнего вида основных и подкладочных тканей.

При решении проблемы комплексной оценки качества внешнего вида и эстетических свойств швейных изделий в работе [16] выделяли показатели назначения, надежности, эргономичности и эстетичности. К группе показателей назначения относили: рост и соответствие изделия выбранным текстильным материалам. Показателем надежности являлось качество пошива. К показателям эргономичности относили посадку изделия на фигуре, показатель соответствия конструкции изделия скоростным и силовым

возможностям человека. Группу показателей эстетичности составляли оригинальность изделия, его соответствие моде и стилю, а также показатели колористического оформления и функционально-конструкторской приспособленности.

Оценку качества (К) внешнего вида (вв) швейного изделия определяли по формуле:

$$K_{ВВ} = K_{ШН} \cdot K_{ШП}, \quad (17)$$

где $K_{ШН} = \prod_{i=1}^n x_i$, $K_{ШП} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{y_j}{\|y_j\|} \right)^{\text{sign}b} \cdot \alpha_j$,
 x_i – i -е значение ЕПК; n – количество ЕПК;
 α_j – коэффициент весомости.

Особенностью построения данных формул является то, что оценка уровня качества осуществлялась с использованием шкал наименования и порядка. Шкала наименования (шн) состояла из утверждений "да" или "нет". Утверждению "да" соответствует значение 1, а утверждению "нет" – 0. Согласно требованиям указанных нормативных документов, если хотя бы по одному показателю идет несоответствие, то бракуется все швейное изделие. Шкала порядка (шп) включала следующие градации: "отличное качество" – 5 баллов; "хорошее качество" – 4 балла; "удовлетворительное качество" – 3 балла; "плохое качество" – 2 балла. Для принятия итогового объективного решения по оценке качества внешнего вида изделия вводили дополнительную шкалу порядка: $(0,7 \leq K_{ВВ} \leq 1)$ – соответствует требуемому уровню качества; $(K_{ВВ} < 0,7)$ – не соответствует требуемому уровню качества.

Приведем пример расчета $K_{ВВ}$ для швейного изделия производства ООО "Округ" (г. Москва) для куртки зимней модели 5239. Перечень показателей качества и их количественная оценка по введенным шкалам приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Наименование ЕПК	Суждение	Оценка, баллы
Показатели изделия, оцениваемые по шкале наименований		
Рост	Да	1
Соответствие выбранным материалам	Да	1
Соответствие моде	Да	1
Стилевое соответствие	Да	1

Соответствие конструкции изделия скоростным возможностям человека	Да	1
Соответствие конструкции изделия силовым возможностям человека	Да	1
Показатели изделия, оцениваемые по шкале порядка		
Качество пошива	Хорошее качество	4
Оригинальность	Хорошее качество	4
Колористическое оформление	Хорошее качество	4
Функционально-конструкторская приспособленность	Отличное качество	5
Посадка изделия на фигуре	Отличное качество	5

Базовые значения показателей, оцениваемые по шкале порядка, устанавливались равными пяти баллам. Значимость (весомость) данных показателей принята одинаковой, соответственно коэффициенты весомости по каждому показателю имели значение 0,2.

С использованием приведенных выражений определили, что $K_{вв} = 0,88$. Таким образом, куртка зимняя модели 5239 соответствует требуемому уровню качества и допускается к дальнейшей оценке для установления сорта по наличию производственно-швейных дефектов и пороков внешнего вида.

Развитие квалиметрической системы (формы) в оценке качества текстильных материалов и изделий может идти по пути их комплексной оценки по показателям (характеристикам) отдельного свойства. В этом направлении представляют определенный интерес работа по оценке механических свойств текстильных полотен [17], публикация по комплексной оценке диэлектрических характеристик текстильных материалов [18], работа по унификации групп цвета льняного волокна [19], исследования по комплексной оценке механических [20], структурных [21] и эстетических [22] свойств тканей.

Рассмотрим более подробно работу [23], связанную с комплексной оценкой чистоты текстильных нитей.

Чистота текстильных нитей (пряжи), то есть отсутствие в них резких перепадов местных утолщений и утонений, зародков комочков волокон и посторонних (не волокнистых) частиц, является определяющим показателем их качества.

Показатели чистоты пряжи определяются визуально (с перематкой нитей через калиброванные отверстия) и с использованием измерительных приборов, работающих на основе различных физических принципов. Комплексная оценка чистоты хлопчатобумажной пряжи осуществлена только визуальным методом в соответствии с положениями стандарта ГОСТ 15818-70 "Пряжа хлопчатобумажная и смешанная. Метод определения класса по внешнему виду" с установлением градации по шкале порядка "класс" с уровнями А, Б и В.

В последнее время в связи с применением цифровых технологий широко используются различные измерительные приборы, например, прибор швейцарской фирмы "Zellweger Uster" с приставкой индикатора "Дефект" [24]. Эта приставка позволяет с помощью трех электрических фильтров выделить даже малые кратковременные импульсы, возникающие на пряже от утолщений, узелков на коротких отрезках, зародки в пряже пуха – шишек, утонений и утолщений на длинных отрезках. При этом каждый из трех фильтров регистрирует импульсы в зависимости от длины дефектов. Регулировкой фильтров может изменяться фиксация дефектов при определенном отклонении толщины пряжи от среднего значения как в сторону утолщения, так и в направлении утонения. К существенному недостатку данного прибора можно отнести невозможность комплексной оценки качества пряжи по свойству "чистота" и проведения объективного суждения о качестве пряжи.

В установлении весомости единичного показателя чистоты пряжи на уровне градации конкретного дефекта была использована шкала порядка. В частности, серьезный дефект имеет 5 баллов, довольно серьезный дефект имеет 4 балла, небольшой дефект имеет 3 балла, очень маленький дефект имеет 2 балла, а отсутствие дефектов – 1 балл. Для отдельных типов дефекта, а именно: тонкое место, толстое место и узелок, весомость считаем на одинаковом уровне, т. к. все эти виды дефектов имеют негативную направленность и они равнозначны. Из налагаемого условия следует, что $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$, и считаем, что $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0,33$. Необходимо отметить, что шкала порядка выбрана обратной, то есть чем более серьезней дефект, тем он имеет большее количество баллов, а менее значимому дефекту соответствует меньшее количество баллов.

Для построения формулы комплексного показателя чистоты (КПЧ) предварительно наложим следующие ограничения:

минимальное значение комплексного показателя должно стремиться к нулю, а максимум не должен превосходить единицу, т. е. значения КПЧ лежат в промежутке (0, 1).

Используя вышеназванные ограничения, предлагаем вариант итогового выражения для комплексного показателя чистоты пряжи:

$$\text{КПЧ} = \sum_{i=1}^3 Y_i \cdot \alpha_i = \sum_{i=1}^3 \left[\left(\sum_{j=1}^5 \frac{1}{5 + X_{ij} B_{ij}} \right) \cdot \alpha_i \right], \quad (18)$$

где Y_i – i -й тип дефекта на нити, $\overline{i = 1, 3}$;

α_i – весомость i -го типа дефекта, $\overline{i = 1, 3}$;

X_{ij} – количество дефекта X_{ij} на нити,

$\overline{i = 1, 3}, \overline{j = 1, 5}$; B_{ij} – базовый уровень гра-

дации дефекта X_{ij} , $\overline{i = 1, 3}, \overline{j = 1, 5}$.

Проведенный расчет КПЧ согласно представленному выражению для хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 50 текс с использованием данных табл. 6 показал результат: КПЧ = 0,57.

Таблица 6

Тип дефекта Y_i	Единичные показатели чистоты X_{ij}	Уровень толщины дефекта, %	Количество дефектов X_{ij}
Тонкое место Y_1	X_{11}	-60	0
	X_{12}	-50	1
	X_{13}	-40	23
	X_{14}	-30	536
	X_{15}	-30	0
Толстое место Y_2	X_{21}	+100	0
	X_{22}	+70	0
	X_{23}	+50	0
	X_{24}	+35	58
	X_{25}	<+35	0
Узелок Y_3	X_{31}	+400	0
	X_{32}	+280	57
	X_{33}	+200	497
	X_{34}	+140	2078
	X_{35}	<+140	0

При переходе к другой шкале порядка (например, в интервале от 0,00 до 0,25 уровень качества по чистоте нитей низкий, от 0,26 до 0,50 – удовлетворительный, от 0,51 до 0,75 – хороший, а от 0,76 до 1,00 – высокий уровень качества), по данным табл. 6 имеем хороший уровень качества по чистоте исследуемой пряжи.

Существующая методология оценки качества геотекстильных материалов в соответствии с нормативным документом ОДМ 218.2.046-2014 "Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве" основана на выделении номенклатуры показателей качества (x_i), их измерении (x_i)_{изм} и сравнении с нормативными значениями $\|x_i\|$. В формализованном виде данная процедура выглядит следующим образом: $\pm \Delta x_i = (x_i)_{изм} - \|x_i\|$.

При $\Delta x_i \leq (\Delta x_i)_{дон}$ – соответствует требуемому уровню; $\Delta x_i > (\Delta x_i)_{дон}$ – не соответствует требуемому уровню. На основании соответствия фактических и нормативных значений (в пределах установленного допуска) делается вывод о достигнутом уровне качества. Существующий подход имеет недостатки, связанные с отсутствием четких рекомендаций по общей оценке качества, например в случае, если по одному показателю качества идет снижение относительно его нормативного значения.

В работе [25] представлен новый подход к самой системе оценки качества геотекстильной продукции, основанной на выделении, а затем установлении приоритетности по отдельным группам (назначения, эксплуатационной надежности, стойкости к внешним воздействиям) показателей качества. При этом первоначально рассматривают группу "Показатели назначения", а затем группы "Эксплуатационной надежности" и "Стойкости к внешним воздействиям", где по каждой группе дополнительно определяют обобщенный показатель качества. В случае соответствия значений показателей качества установленным требованиям контроль качества переходит на последующий уро-

вень, т. е. к другой группе показателей. В противном случае контроль качества останавливается на данном этапе и продукция считается не соответствующей требуемому уровню качества.

В заключение выделим другие перспективные предложения по совершенствованию системы оценки качества текстильных материалов и изделий.

В настоящее время для обеспечения потребительского спроса в производстве текстильных материалов используются смеси волокон в различных сочетаниях как по виду смешиваемых волокон, так и по их содержанию в смеси. Разнообразие перерабатываемых смесей волокон требует создания методик по проектированию их качества, а проектирование качества смесей волокон, в свою очередь, должно опираться на согласованную систему оценки их качества. Следует отметить, что при формулировании общих направлений построения такой системы состав единичных показателей качества для всех видов волокон следует подбирать одинаковым, а количество и наименование уровней градации качества различных видов волокон не должны существенно отличаться друг от друга.

При этом набор единичных показателей качества, как было показано выше, у разных видов волокон различен (у хлопковых – 7, у льняных – 3, у шерстяных – 4, у полиэфирных – 9), а в их наименованиях отсутствует единый подход: непостоянно количество уровней градации качества волокон, кроме того, наименования даются как количественными, так и качественными характеристиками.

Для решения данной задачи в работе [26] сформулированы методические основы построения единой системы градации качества различных видов текстильных волокон. Кроме того, авторы работы рекомендуют при формировании уровней градации учитывать следующее: число уровней по каждой градации установить постоянным, но не меньше десяти, чтобы уменьшить погрешность оценки из-за дискретности диапазона значений; уровни

градации приводить в виде количественной характеристики. Основным условием проектирования смесей различных видов волокон является использование сопоставимых единичных показателей качества. Это можно сделать путем нормирования единичных показателей, характеризующих

аналогичные свойства различных видов волокон.

Вариант усовершенствованной системы классификации качества текстильных волокон представлен в табл. 7.

Таблица 7

Группа свойств, градация качества (уровни градаций качества)	Единичный показатель качества	
	Качественная характеристика	Количественная характеристика
Геометрические – тип (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)	Тонина	Линейная плотность
	Протяженность	Штапельная длина
Оптические – сорт (1, 2, 3, 4, 5)	Белизна	Коэффициент отражения света
	Желтизна	Коэффициент желтизны
Структурные – класс (1, 2, 3, 4, 5)	Засоренность	Доля площади пороков
	Зрелость	Коэффициент зрелости
Механические – категория (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)	Прочность	Удельная разрывная нагрузка
	Деформация	Разрывное удлинение

В работе [27] при формировании новой системы классификации качества текстильных нитей учтены методологические особенности общей системы классифика-

ции качества текстильных волокон, приведенной в табл. 7. В результате система классификации качества нитей имеет вид, представленный в табл. 8.

Таблица 8

Группа свойств, градация качества (уровни градаций качества)	Единичный показатель качества	
	Качественная характеристика	Количественная характеристика
Геометрические – тип (1, 2, 3, 4, 5)	Толщина	Линейная плотность Коэффициент вариации по линейной плотности
Оптические – сорт (1, 2, 3, 4, 5)	Цвет	Коэффициент отражения света Длина световой волны Коэффициент вариации по длинам волн
Структурные – класс (1, 2, 3, 4, 5)	Чистота	Количество пороков на 1 г (100 м) пряжи
	Скрученность	Крутка Коэффициент вариации по крутке
	Ворсистость	Средняя длина ворсинок
Механические – категория (1, 2, 3, 4, 5)	Прочность	Разрывная нагрузка Коэффициент вариации по разрывной нагрузке
	Деформационность	Разрывное удлинение Коэффициент вариации по разрывному удлинению
	Выносливость	Количество растягивающих циклов до разрушения Коэффициент вариации по количеству растягивающих циклов до разрушения

Основным критерием для выбора предлагаемой схемы классификации нитей явился новый подход к проектированию их качества. Главные методологические принципы связаны с декомпозицией операций проектирования по соответствующим гра-

дациям качества текстильных материалов, а именно тип текстильных нитей проектируется с учетом типа текстильных волокон, сорт текстильных нитей проектируется с учетом сорта текстильных волокон и т. д. В итоге с использованием

методов квалиметрии формируются комплексные показатели качества типа, сорта, класса и категории, а также осуществляется соответствующая градация по их уровням. На финальной стадии проектирования качества происходит построение комплексного показателя качества текстильных нитей. А так как исходным текстильным материалом для получения тканых полотен являются волокна и нити, то и система классификации качества тканей должна быть максимально приближена к соответствующим классификациям качества волокон и нитей.

При формировании новой системы классификации качества тканей (табл. 9) учтены методологические особенности

общей системы классификации качества текстильных волокон и нитей.

Особенность предлагаемой классификации качества тканей состоит в том, что выделены, кроме сорта, дополнительно три градации качества, а именно тип, класс и категория, которые синхронизированы с определенными группами свойств: геометрическим свойствам соответствует тип, физическим соответствует сорт, структурным – класс и механическим – категория. По каждой градации установлено по пять уровней, которые могут определяться как дискретно, так и непрерывно. Для выделенных свойств определен соответствующий набор количественных характеристик, который приведен в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Группа свойств, градация качества (уровни градаций качества)	Единичный показатель качества	
	Качественная характеристика	Количественная характеристика
Геометрические – тип (1, 2, 3, 4, 5)	Ширина	Номинальная ширина Максимальная ширина Минимальная ширина
	Изменение размеров (усадка)	Линейная усадка по основе Линейная усадка по утку Линейная притяжка по утку
Физические – сорт (1, 2, 3, 4, 5)	Гигроскопичность	Показатель гигроскопичности
	Электризуемость	Удельное поверхностное электрическое сопротивление
Структурные – класс (1, 2, 3, 4, 5)	Воздухопроницаемость	Показатель воздухопроницаемости
	Материалоемкость	Номинальная абсолютная плотность по основе Максимальная абсолютная плотность по основе Минимальная абсолютная плотность по основе Номинальная абсолютная плотность по утку Максимальная абсолютная плотность по утку Минимальная абсолютная плотность по утку
Механические – категория (1, 2, 3, 4, 5)	Прочность	Разрывная нагрузка по основе Разрывная нагрузка по утку
	Стойкость к истиранию	Показатель стойкости к истиранию

В Ы В О Д Ы

Достижение необходимого уровня конкурентоспособности текстильных материалов и изделий связано с решением вопросов повышения качества и экономичности данной продукции. Существующие методы

оценки качества текстильных материалов и изделий связаны или с нормативной оценкой (оценкой по стандартам) или с применением методов квалиметрии. В то же время производители текстильных изделий различных форм собственности в большей степени привязаны к норматив-

ной оценке их качества, которая на сегодняшний день морально устарела и не соответствует все возрастающим требованиям к качеству потребителей текстильной продукции.

Проведенный выше анализ национальных нормативных документов на оценку качества текстильных материалов и изделий показывает, что назрела необходимость пересмотра действующих нормативных документов на количественную оценку качества текстильной продукции и внесения в них изменений как по номенклатуре единичных показателей качества и системы градации качества в целом, так и по уровням градаций качества.

Особый акцент сделан на анализе научных работ по использованию позитивных сторон двух систем в оценке качества текстильной продукции, а именно нормативной и квалиметрической, которые являются апробированным научным обоснованием для дальнейшего совершенствования нормативной базы по количественной оценке качества текстильных материалов и изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев Б.Н. Совершенствование методологии выявления показателей качества текстильных материалов и изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. №6. С. 119...122.

2. Грузинцева, Н.А. Методика оценки конкурентоспособности тканей / Н.А. Грузинцева, М.А. Сташева, Б.Н. Гусев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2002. № 6(269). Р. 3...5.

3. Фатхутдинов Р.А. Конкурентоспособность организации в условиях кризиса: экономика, маркетинг, менеджмент. М.: Маркетинг, 2002. 892 с.

4. Грузинцева Н.А., Лысова М.А., Никифорова Е.Н., Гусев Б.Н. Разработка методики формирования конкурентоспособного ассортимента предприятия по производству геосинтетических материалов // Изв. вузов. Строительство. 2015. № 6. С. 37...42.

5. Чистякова Н.Э., Гусев Б.Н. Методология определения результативности и эффективности технологических процессов // Качество. Инновации. Образование. 2006. №1. С. 56...58.

6. Кусенкова А.А., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Оценка уровня конкурентоспособности геосинтетических тканых полотен // Технологии и качество. 2019. № 1. С.16...21.

7. Лысова М.А., Ломакина И.А., Лунькова С.В., Гусев Б.Н. Математические методы в проектировании и оценивании качества текстильных материалов и изделий. Иваново: ИГТА, 2012. 252 с.

8. Дрягина Л.В., Павлов С.В., Тувин А.А., Гусев Б.Н. Комплексная оценка качества ленты // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2003. №5. С. 10...12.

9. Скрыльникова О.А., Шершинева Л.П. Методика комплексной оценки качества одежды // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2009. №3. С.59...62.

10. Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Буланов Я.И. Комплексная оценка качества параарамидных тканей // Материалы и технологии. 2018. № 2. С. 22...27.

11. Оморова М.З., Чагина Л.Л., Груздева А.П. Комплексная оценка качества тентовых материалов // Технологии и качество. 2020. № 2. С. 3...7.

12. Лунькова С.В., Евсеева Н.В., Гусев Б.Н. Непрерывное определение значений сорта полиэфирного волокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. №6. С. 60...62.

13. Новосад Т.Н. Совершенствование методического и технического обеспечения оценки качества пряжи: дис. ... канд. техн. наук. Кострома: КГТУ, 2010. 173 с.

14. Ломакина И.А., Евсеева Н.В., Гусев Б.Н. Непрерывная оценка градаций качества потребительских товаров // Текстильная промышленность. 2008. №4. С. 60...63.

15. Озеров Б.В., Гусев В.Е. Проектирование производства нетканых материалов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 400 с.

16. Виноградова Н.В., Лунькова С.В., Гусев Б.Н. Совершенствование методики оценки качества внешнего вида швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 6. С. 31...34.

17. Кирюхин С.М. Комплексная оценка одноцикловых характеристик растяжения текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. №1. С. 16...18.

18. Циркина О.Г., Никифоров А.Л. Комплексная оценка диэлектрических характеристик текстильных материалов с целью определения энергетически выгодного режима их обработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. №6. С. 52...54.

19. Пашин Е. Л., Орлов А. В., Кудряшова Т. А. Обоснование условий унификации групп цвета льна при стандартизации тресты и трепаного волокна // Технологии и качество. 2022. № 1. С. 12...18.

20. Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Малявко Е.Н. Комплексная оценка механических свойств мебельных тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. №6. С. 12...14.

21. Сташева М.А. Комплексная оценка характеристик строения сорочечных тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2006. № 4(292). С. 17...20.

22. *Сташева М.А.* Оценка эстетических свойств тканей для домашнего текстиля // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 3(308). С. 18...20.

23. *Лунькова С.В., Лысова М.А., Чистякова Н.Э., Гусев Б.Н.* Комплексная оценка чистоты текстильных нитей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. №2. С. 27...31.

24. *Рыклин Д.Б., Медвецкий С.С.* Оценка качества текстильных нитей и полуфабрикатов с использованием приборов Uster Tester. Витебск: ВГТУ, 2017. 167 с.

25. *Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.* Установление номенклатуры показателей качества геосинтетических нетканых полотен с учетом их эксплуатационной принадлежности // Российский химический журнал. 2019. Т. LXII, №3-4. С. 50...54.

26. *Евсеева, Н.В., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н.* Направления совершенствования системы градации качества текстильных волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2003. №4. С. 14...17.

27. *Назарова Е.В., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н.* Совершенствование системы классификации качества текстильных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. №3. С.12...16.

REFERENCES

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

2. *Gruzincheva, N.A.* Method of evaluating the competitiveness of woven fabrics / *N.A. Gruzincheva, M.A. Stasheva, B.N. Gusev* // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2002. No. 6(269). P. 3...5.

3. *Fatkhutdinov R.A.* Competitiveness of an organization in a crisis: economics, marketing, management. M.: Marketing, 2002. 892 p.

4. *Gruzintseva N.A., Lysova M.A., Nikiforova E.N., Gusev B.N.* Development of a methodology for the formation of a competitive assortment of an enterprise for the production of geosynthetic materials // *Izv. universities. Construction*. 2015. No. 6. P. 37...42.

5. *Chistyakova N.E., Gusev B.N.* Methodology for determining the effectiveness and efficiency of technological processes // *Quality. Innovation. Education*. 2006. No. 1. P. 56...58.

6. *Kusenkova A.A., Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.* Assessment of the level of competitiveness of geosynthetic woven fabrics // *Technologies and quality*. 2019. No. 1. P.16 ... 21.

7. *Lysova M.A., Lomakina I.A., Lun'kova S.V., Gusev B.N.* Mathematical methods in designing and evaluating the quality of textile materials and products. Ivanovo: IGTA, 2012. 252 p.

8. *Dryagina L.V., Pavlov S.V., Tuvin A.A., Gusev B.N.* Comprehensive assessment of the quality

of the tape // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2003. No. 5. S. 10...12.

9. *Skrylnikova O.A., Shershneva L.P.* Methods for a comprehensive assessment of the quality of clothing // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2009. No. 3. P. 59...62.

10. *Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Bulanov Ya.I.* Comprehensive assessment of the quality of para-aramid fabrics // *Materials and technologies*. 2018. No. 2. P. 22...27.

11. *Omirova M.Z., Chagina L.L., Gruzdeva A.P.* Comprehensive assessment of the quality of awning materials // *Technologies and quality*. 2020. No. 2. P. 3...7.

12. *Lunkova S.V., Evseeva N.V., Gusev B.N.* Continuous determination of the values of the grade of polyester fiber // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2008. No. 6. P. 60...62.

13. *Novosad T.N.* Improving the methodological and technical support for assessing the quality of yarn: dis. ... cand. tech. sciences. Kostroma: KSTU, 2010. 173 p.

14. *Lomakina I.A., Evseeva N.V., Gusev B.N.* Continuous assessment of quality grades of consumer goods // *Textile industry*. 2008. No. 4. P. 60...63.

15. *Ozerov B.V., Gusev V.E.* Designing the production of non-woven materials. M.: Light and food industry, 1984. 400 p.

16. *Vinogradova N.V., Lun'kova S.V., Gusev B.N.* Improving the methodology for assessing the quality of the appearance of garments // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2014. No. 6. P. 31...34.

17. *Kiryukhin S.M.* Comprehensive assessment of single-cycle characteristics of stretching of textile materials // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2005. No. 1. P. 16 ... 18.

18. *Tsirkina O.G., Nikiforov A.L.* Comprehensive assessment of the dielectric characteristics of textile materials in order to determine the energetically favorable mode of their processing // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2008. No. 6. P. 52...54.

19. *Pashin E. L., Orlov A. V., Kudryashova T. A.* Justification of the conditions for the unification of flax color groups in the standardization of trust and scutched fiber // *Technology and quality*. 2022. No. 1. P. 12...18.

20. *Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Malyavko E.N.* Comprehensive assessment of the mechanical properties of furniture fabrics // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2011. No. 6. P. 12...14.

21. *Stasheva M.A.* Comprehensive assessment of the characteristics of the structure of shirt fabrics // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2006. No.4(292). P. 17...20.

22. *Stasheva M.A.* Evaluation of the aesthetic properties of fabrics for home textiles // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2008. No. 3 (308). P. 18...20.

23. *Lun'kova S.V., Lysova M.A., Chistyakova N.E., Gusev B.N.* Comprehensive assessment of the purity of textile threads // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2014. No. 2. P. 27...31.

24. *Ryklin D.B., Medvetsky S.S.* Assessing the quality of textile threads and semi-finished products using Uster Tester devices. Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2017. 167 p.

25. *Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.* Establishment of the nomenclature of quality indicators of geosynthetic nonwoven fabrics, taking into account

their operational affiliation // *Russian Chemical Journal*. 2019. T. LXII, No. 3-4. P. 50...54.

26. *Evseeva N.V., Matrokhin A.Yu., Gusev B.N.* Directions for improving the system of grading the quality of textile fibers // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2003. No. 4. P. 14...17.

27. *Nazarova E.V., Matrokhin A.Yu., Gusev B.N.* Improving the classification system for the quality of textile threads // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2005. No. 3. P. 12...16.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ИВГПУ. Поступила 14.07.23.

УДК 677.027.1

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_24

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛОДЕКСТРИНОВ В ОТДЕЛКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

PROMISING METHODS OF CYCLODEXTRINS APPLICATION IN FINISHING OF TEXTILE MATERIALS

З.А. КОНСТАНТИНОВА, П.Ф. ГАЛЛЯМОВА, Е.Л. ВЛАДИМИРЦЕВА, О.И. ОДИНЦОВА

Z.A. KONSTANTINOVA, P.F. GALLYAMOVA, E.L. VLADIMIRTSEVA, O.I. ODINTSOVA

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Ivanovo State University of Chemistry and Technology)

E-mail: zaira.askhabovna@mail.ru

В статье представлен обзор сведений о вариантах, возможностях и перспективах применения циклодекстринов в текстильной химии. Приведены теоретические и практические варианты технологий применения циклодекстринов в различных областях, в первую очередь в технологиях функциональных отделок текстиля. Основное внимание уделено повышению эффективности процессов крашения и заключительной отделки. Приведены доказательства эффективного применения циклодекстринов в процессах крашения как антимигрантов, выравнивателей, закрепителей окраски; в процессах заключительной отделки в качестве модификаторов текстильных материалов, что позволяет создавать изделия с новыми функциональными характеристиками. Представлены основные факторы, касающиеся строения, свойств и функциональности различных видов циклодекстринов, а также специфики их применения в текстильном отделочном производстве. При этом можно констатировать, что методы фиксации циклодекстринов на поверхности волокнообразующих полимеров не являются сложными и могут быть адаптированы в рамках действующих технологий, применяемых в текстильном отделочном производстве.

* Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2023-0008.

Ускоренное развитие и внедрение описанных технологий в производство текстильных материалов является перспективным и способствует получению новых функциональных материалов с минимальными экономическими затратами.

A review article containing information about the options, possibilities and prospects for the use of cyclodextrins in textile chemistry is presented. Theoretical and practical variants of technologies for the use of cyclodextrins in various fields, primarily in the technologies of functional textile finishing, are shown. The focus is on improving the efficiency of the dyeing and finishing processes. Evidence of the effective use of cyclodextrins in dyeing processes as an anti-migrant, equalizer, color fixer is given; it is also used in the processes of final finishing as a modifier of textile materials, which allows to create products with new functional characteristics. The main factors concerning the structure, properties, and functionality of various types of cyclodextrins, as well as the specifics of their use in textile finishing production, are presented. At the same time, it can be stated that the methods of fixing cyclodextrins on the surface of fiber-forming polymers are not complicated and can be adapted within the framework of existing technologies used in textile finishing production. The accelerated development and implementation of the described technologies in the production of textile materials is promising and contributes to the production of new functional materials with minimal economic costs.

Ключевые слова: β -циклодекстрин, гидроксипропил- β -циклодекстрин, комплексообразование, комплексы включения, микрокапсулирование, текстильный материал, бактерицидный препарат, наночастицы серебра, крашение, заключительная отделка

Keywords: β -cyclodextrin, hydroxypropyl- β -cyclodextrin, complexation, inclusion complexes, microencapsulation, textile material, bactericide, silver nanoparticles, dyeing, finishing

Введение

В настоящее время в легкой промышленности все большее внимание уделяется не просто отделке текстильных материалов, а созданию так называемых умных материалов, приобретающих во время облагораживания функциональные характеристики, соответствующие определенным эксплуатационным требованиям. Для этого могут применяться различные методы и приемы, например иммобилизация на волокне активных веществ (АВ), обладающих определенными характеристиками (бак- и биоактивности, лечебными, ароматическими, защитными и пр.). Поскольку эти вещества имеют свои специфические характеристики и изначально не предназначены для использования в отделке текстиля, возникают две проблемы: с одной

стороны, должны быть разработаны технологические условия достаточно прочного закрепления их на волокне, с другой – предусмотрены варианты перманентного выделения микродоз АВ в окружающую среду.

Одним из перспективных подходов к регулированию свойств АВ и прочному закреплению их на волокнистом материале является инкапсуляция их в оболочку. Таким образом, создается своеобразный "барьер" между активным веществом и окружающей средой, который по отношению к АВ одновременно выполняет целый ряд функций: закрепление на текстильном материале; защита от негативного воздействия внешней среды; регулирование перманентного выделения; продление срока активного действия и пр. Кроме того, этот

подход позволяет в определенных пределах регулировать размеры частиц, в которых протекает процесс. Методы микрокапсулирования дают возможность получить частицы различных размеров – от долей микрона до сотен микрон [1-9].

Альтернативой капсулирования может стать метод комплексообразования, в процессе которого АВ фиксируются на волокне при взаимодействии с веществами, способными образовывать как с ними, так и с волокнистым материалом прочные связи. Одними из таких веществ являются циклодекстрины (ЦД) [10-14].

По химической природе циклодекстрины представляют собой макроциклические олигосахариды. Биохимический синтез их осуществляется из крахмала при помощи микробного фермента циклодекстринглюканотрансферазы (ЦГТ), продуцируемого многочисленными микроорганизмами (*Bacillus macerans*, *Klebsiella oxytoca*, *Bacillus circulans*, *Alkalophylic bacillus* и др.) [15]. Получение ЦД происходит в два этапа. На первом предварительно частично гидролизованный крахмал обрабатывается ферментом ЦГТ, в результате чего получается смесь α -, β - и γ -ЦД вместе с серией линейных декстринов. На втором этапе происходит разделение циклических и линейных продуктов деградации фермента крахмала [16-21].

Простейшим способом разделения α -, β - и γ -ЦД от реакционной смеси является их селективное осаждение путем формирования комплексов включения с гостевой

молекулой (например, α -ЦД кристаллизуется путем добавления циклогексана, 1-деканола; β -ЦД может быть выделен путем образования комплекса с фторбензолом или толуолом; γ -ЦД выделяют с помощью антрацена, циклогексаденола) [29]. В присутствии гликозилтрансферазы спиральная макромолекула крахмала гидролитически расщепляется, а образованные таким образом концы фрагментов соединяются между собой α -1,4-гликозидными связями. Количество остатков глюкозы в α -форме равно шести, в β -форме – семи, а в γ -форме – восьми (рис. 1 – химическая структура циклодекстринов) [23].

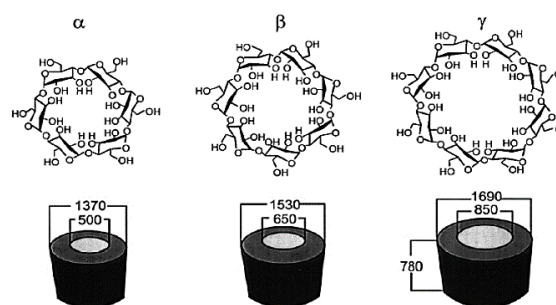


Рис. 1

Полученные циклодекстрины содержат липофильную центральную полость и гидрофильную внешнюю поверхность. Из-за конформации стула блоков глюкопиранозы циклодекстрины имеют форму усеченного конуса, а не идеальных цилиндров. Высота циклодекстринов остается постоянной.

Таблица 1

Параметр	α	β	γ
Число остатков глюкозы в цикле	6	7	8
Молекулярная масса	972	1135	1279
Растворимость в воде, г/100 мл	14,5	1,85	23,2
Оптическое вращение $[\alpha]_D$	150 \pm 5	162,5 \pm 0,5	177,4 \pm 0,5
Диаметр внутренней полости, Å	4,7...5,3	6,0...6,5	7,5...8,3
Физический объем полости в навеске циклодекстрина, мл:			
в 1 моле	104	157	256
в 1 грамме	0,1	0,14	0,2
Форма кристаллов при кристаллизации из воды	Гексагональные пластинки	Моноклинные параллелограммы	Квадратные призмы

Вторичные группы -ОН расположены на большом основании, а первичные груп-

пы -ОН – на малом основании усеченного конуса. Широкое применение β -цикло-

декстрина ограничивается его довольно низкой растворимостью в воде (табл. 1 – химические свойства трех основных типов циклодекстринов [24]). β -циклодекстрин имеет ряд особенностей: у него самые сильные внутримолекулярные водородные связи, которые делают структуру "жесткой". Это препятствует встраиванию молекулы в трехмерную объемную структуру водородных связей воды. При нагревании растворимость β -циклодекстрина увеличивается [25-28]. Такая специфика строения циклодекстринов обуславливает возможность внедрения и удержания внутри липофильной полости молекулы гидрофобных веществ, таких, как: полярные соединения (амины, кислоты, сложные эфиры и т. д.), алифатические и ароматические углеводороды, инертные газы, кислород, углекислый газ и даже полимеры. Происходит образование так называемого комплекса включения, относящегося к типу "гость-хозяин". Как правило, такие комплексы включения представляют собой твердые кристаллические вещества, устойчивые при определенных температурных условиях, возникающие в результате пространственного воссоединения молекул без участия ковалентных связей компонентов. Они образуются путем включения одного "гостевого" компонента в свободное пространство кристаллической решетки другого компонента, называемого "хозяином" (рис. 2 – образование комплекса "гость-хозяин") [29].

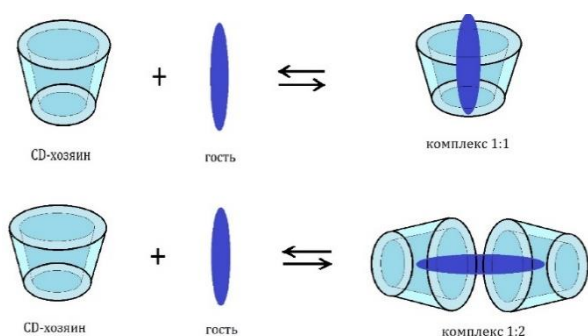


Рис. 2

Основной движущей силой образования комплекса является высвобождение из полости молекул воды, имеющих высокий уровень энтальпии. При растворении цикло-

декстрина в воде ее молекулы вынужденно занимают ограниченно полярную полость циклодекстрина, что энергетически невыгодно (полярное – неполярное взаимодействие). Поэтому они могут сравнительно легко заместиться соответствующими молекулами "гостя", полярность у которых ниже, чем у молекулы воды. Имеющий липофильную полость ЦД, таким образом, будет являться "хозяином". Между сегментами гостевых и принимающих неполярных молекул термодинамическая напряженность снизится, что в результате приведет к низкоэнергетическому устойчивому состоянию.

Закрепление гостевых молекул внутри ЦД-хозяина не является постоянным, а скорее представляет собой динамическое равновесие. Прочность иммобилизации зависит от того, насколько хорошо "участники" комплекса "гость-хозяин" подходят друг к другу, и от конкретных локальных взаимодействий между поверхностными атомами [30]. Чаще всего работает правило: один "хозяин" – один "гость", т. е. одна гостевая молекула включена в одну молекулу ЦД. В случае использования веществ, имеющих низкую молекулярную массу и небольшой размер, в полости может помещаться более одной гостевой молекулы. В случае, когда размер молекулы "гостя" превышает параметры "хозяина", "гостем" оказывается только часть молекулы.

Включение гостевых молекул в полость циклодекстрина оказывает глубокое влияние на их физико-химические свойства, придавая им новые качественные характеристики, такие, как:

- повышение растворимости в воде малорастворимых и нерастворимых препаратов;
- снижение негативного влияния на "гостя" окислителей и УФ-излучения;
- изоляция в одном растворе несовместимых соединений;
- хроматографическое разделение;
- контролируемое высвобождение молекулы-"гостя";
- удаление красителей и вспомогательных веществ из сточных вод [31-37];
- выравнивающий эффект при окра-

шивании и отделке;

- защита красителей от нежелательной агрегации и адсорбции.

Циклодекстрины нашли свое применение в различных областях [38]: в фармацевтике [39-45], в косметических продуктах [46], в сельскохозяйственной, пищевой [47-49], текстильной [51-54] и химической промышленности [50], в хроматографии.

Применение циклодекстринов в отделке текстильных материалов

Описанные выше свойства циклодекстринов как "контейнеров" для хранения химических веществ могут эффективно использоваться в текстильной промышленности. В научно-технической литературе представлено немало сведений о вариантах применения β -ЦД при крашении текстильных материалов [55-58]. Помещение в полость циклодекстрина красителя в качестве "гостя" снижает его агрегацию в растворе и на волокне, повышает равномерность окраски, предотвращает миграцию [59]. Циклодекстрин может действовать как закрепитель, образуя с красителями комплексы, играть роль поверхностно-активных веществ, используемых при окрашивании для повышения качества крашения, а также в некоторых случаях повышать устойчивость к мокрым обработкам, например, при крашении активными и дисперсными красителями хлопка и полиамидного волокна соответственно.

Применение дисперсных красителей в сочетании с β -ЦД для крашения хлопкополиэфирных тканей повышает устойчивость и улучшает цветовые характеристики окраски. Крашение ацетата целлюлозы, предварительно обработанного β -ЦД, приводит к повышению интенсивности окраски, а также дает возможность окрашивать материалы при более низких температурах [60].

Сравнительный анализ процессов традиционного крашения полиамидных изделий и с применением комплекса β -ЦД: краситель, о наличии которого в красильном растворе свидетельствовали химические сдвиги в спектрах FTIR, доказал эффективность последнего. Образование комплекса β -ЦД с красителем C.I. Disperse Yellow 211 (DY211) позволило повысить

выбираемость красителя из красильной ванны при окрашивании и таким образом сократить загрязнение сточных вод и повысить интенсивность получаемых окрасок [61]. Доказано, что циклодекстрин является подходящей заменой экологически вредным вспомогательным веществам для отделки текстильных материалов без добавления дополнительных этапов в процесс окрашивания или необходимости в дополнительном оборудовании.

При использовании циклодекстринов отмечено улучшение УФ-защитных свойств текстильных материалов из смеси волокон, например хлопок-шерсть и вискоза-шерсть, за счет включения реакционноспособного моноклортриазина- β -ЦД (МХТ- β -ЦД) в составы для пропитки материала с последующей обработкой ацетатом меди или колорированием различными классами красителей (кислотными, основными, прямыми и активными) [62]. Например, обработка смесовых текстильных материалов перед крашением соединениями МХТ- β -ЦД приводит к значительному повышению протекторных свойств полотна, даже если ткань имеет простое переплетение, плохо отражающее УФ-лучи.

Циклодекстрины могут применяться в процессах заключительной отделки текстильных материалов, например, в качестве "контейнеров" для веществ природного происхождения, обладающих запахами, которые используются в ароматерапии [63-64]. Проведены исследования эффективности высвобождения молекул душистых веществ из соединений включения β -ЦД [65]. Комплексообразование β -ЦД с такими молекулами снижает их испарение и сдерживает фотоокислительный распад. Ароматная заключительная отделка текстильных материалов с применением циклодекстринов для дополнительного закрепления душистых веществ на волокне позволяет тканям сохранять ароматы в течение длительных периодов времени (до 12 месяцев).

Сричаруссин В. и его соавторы методом газовой хроматографии на ИК-спектрофотометре Фурье исследовали эффективность иммобилизации на хлопчатобумаж-

ной ткани ароматизирующего агента, в качестве которого использовалось масло сандалового дерева в комплексе с β -ЦД модифицированным МХТ [66]. Обнаружено, что для закрепления МХТ- β -ЦД на волокне эффективным является метод термофиксации. У контрольных изделий, обработанных без применения β -ЦД, при температуре хранения 30 °С аромат исчез через 8 дней. А аромат образцов, обработанных МХТ- β -ЦД, в тех же условиях сохранился в течение 21 дня.

Помимо ароматизации материалов комплексы эфирных масел с β -ЦД применяются также в репеллентной отделке [67]. Так, в работе [68] авторами исследован механизм пролонгированного выделения цитронеллового масла в комплексе с β -циклодекстрином на хлопчатобумажных и полиэфирных тканях. Полученные результаты показали, что обработка хлопка и полиэфира комплексами β -ЦД позволяет контролировать механизм высвобождения масла из ткани. Причем взаимодействие между циклодекстрином и волокнами было достигнуто посредством реакции этерификации с использованием бутана-1,2,3,4-тетракарбоновой кислоты (ВТСА) в качестве сшивающего агента.

Вызывает большой интерес применение циклодекстринов при закреплении на текстиле противомикробных препаратов для медицинского и оздоровительного использования. Как известно, текстиль при определенных условиях является питательной средой для роста и развития патогенной микрофлоры – бактерий и грибов. Рост микроорганизмов на текстиле негативно воздействует не только на текстиль, но и на его владельца. В настоящее время потребительский спрос на бактерицидную, гигиеническую и оздоравливающую одежду велик как никогда и стимулирует рынок антимикробных текстильных изделий [69-72]. Антимикробные покрытия на текстиле обычно состоят из активных компонентов на поверхности или внутри волокон, которые убивают микроорганизмы, когда они вступают в контакт с ними.

Соединения циклодекстрина с лекарственными препаратами могут быть нане-

сены на поверхность всех текстильных материалов с целью дальнейшего их высвобождения на поверхности кожи при лечении кожных заболеваний или защиты от различных микробов и грибков. В качестве антибактериальных препаратов может применяться β -ЦД в комплексе с различными веществами, обладающими бактерицидными и ранозаживляющими свойствами, например, такими, как куркумин [73], кетоконазол [74], экстракт прополиса [75], ципрофлоксацин [76] и т. д.

Создана хлопчатобумажная раневая повязка, на которую в качестве антимикробного препарата наносили комплекс кетоназол/ β -циклодекстрин (КЗ/ β -ЦД) в соотношении 1:1 периодическим и непрерывным способами [77]. Наибольшую антимикробную активность по сравнению с материалами без β -ЦД проявили образцы, содержащие комплекс КЗ/ β -ЦД. Кроме того, материалы, обработанные периодическим методом, демонстрируют лучшую эффективность высвобождения лекарственного препарата, что обеспечивает преимущество включения препарата в β -ЦД.

Интересные результаты получены при включении в полость МХТ- β -ЦД антимикробного агента – нитрата миконазола [78]. Установлено, что этот препарат, закрепленный на волокнистом материале в комплексе с циклодекстрином, значительно увеличивает его бактерицидные свойства по сравнению с контрольными тканями. Вероятно, в данном случае имеет место синергический эффект, поскольку триазиновая группа в МХТ- β -ЦД сама по себе является биоцидной и может проявлять антимикробные свойства.

В качестве антибактериальных веществ в работе [79] ученые использовали комплексы β -ЦД с эфирными маслами лаванды, розмарина, шалфея и лимона. Для фиксации комплексов включения на поверхности ткани использовали глиоксальный сшивающий агент. Результаты показали, что β -ЦД повышает стабильность запаха масел и не влияет на физико-механические характеристики хлопчатобумажного материала. Масло лаванды обладало самой высокой стабильностью аро-

мата в течение 30 дней. Результаты измерений антибактериальной активности показали, что ткани, пропитанные эфирными маслами с β -ЦД, способны контролировать рост бактерий даже после пяти циклов стирки.

Не теряют своей популярности работы, где в качестве антимикробного агента используют наночастицы серебра, являющегося природным противомикробным средством широкого спектра действия. В статье [80] авторы сравнили свойства хлопчатобумажных тканей, обработанных натуральными и сульфатированными β -циклодекстриновыми комплексами наночастиц серебра ($AgNЧ$). С этой целью из β -ЦД был получен сульфатированный β -циклодекстрин (S - β -ЦД), который наносили на хлопчатобумажные ткани с этилендиаминтетрауксусной кислотой (ЭДТА) в качестве комплексообразующего и закрепляющего агента. Затем ткани были обработаны $AgNЧ$, которые образовали комплексы включений с β -ЦД. В результате исследования наиболее благоприятным методом признана обработка комплекса S - β -ЦД $AgNЧ$ и сшивание этого комплекса с образцом хлопка с помощью ЭДТА.

Получены ранозаживляющие повязки на основе наночастиц серебра с использованием водного комплекса куркумин:гидроксипропил- β -циклодекстрин (HP- β -ЦД) (рис. 3 – схема получения ранозаживляющей повязки на целлюлозной основе с куркумином, наночастицами серебра и гидроксипропил- β -циклодекстрином) [81]. Помимо высокой цитосовместимости, эти повязки проявили противомикробную активность в отношении трех распространенных патогенных микробов, инфицирующих раны: *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Candida auris*.

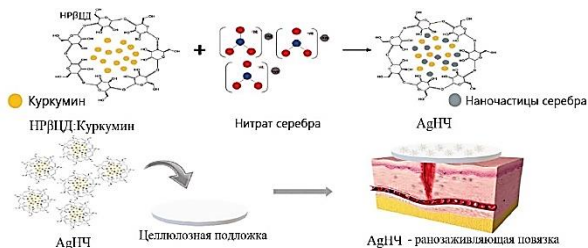


Рис. 3

Предложенные варианты использования β -ЦД базируются на широком спектре исследований, посвященных изучению механизмов его фиксации на волокнистых материалах различной химической природы: натуральные – целлюлозные [82]; кератинсодержащие [83, 84]; синтетические – полиэфирные [85]; полиамидные [86, 87] и пр.

Способы закрепления β -циклодекстринов на поверхности текстильных материалов

Методы фиксации циклодекстринов на текстильных материалах можно разделить на две основные группы: физические и химические. Химическая фиксация циклодекстринов происходит в результате непосредственного взаимодействия функциональных групп циклодекстрина и текстильного материала [88-93]. Производные циклодекстринов, содержащие функциональные группы, реагируют с гидроксильными группами на поверхности целлюлозной ткани подобно молекулам активных красителей (рис. 4 – фиксация ЦД на поверхности различных полимеров (слева направо: полиэфир, хлопок, полиамид)).

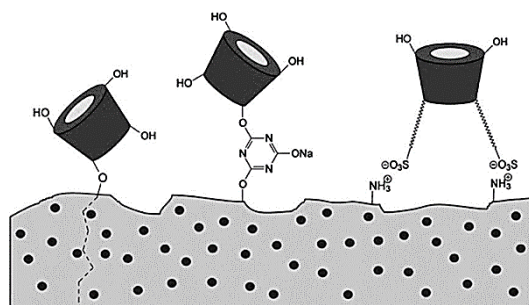


Рис. 4

Различные заместители β -ЦД с абсорбционными свойствами могут быть получены из МХТ производного β -циклодекстрина, который присоединяется к ткани посредством электростатических или гидрофобных связей. Он образует ковалентную связь с волокном с помощью гетеробифункциональных реакционноспособных красителей, которые содержат монохлортриазинные группы. Реакционноспособный атом хлора триазинной группы МХТ- β -ЦД может реагировать с нуклеофильными остатками, такими, как $-NHR$, $-OH$, $-SH$ и

т. д., с образованием ковалентных связей (рис. 5 – образование химической связи циклодекстрина с монохлортриазинильной группой, а затем с текстильным волокном).

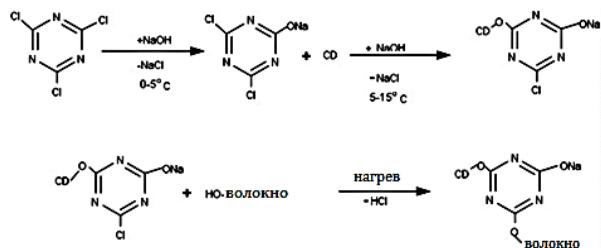


Рис. 5

Интересным вариантом закрепления ЦД на целлюлозных волокнах является использование гетеробифункциональных красителей, которые включают два типа реакционноспособных групп, благодаря чему отличаются высоким сродством к волокну, однородностью и хорошей устойчивостью к стиркам. В работе [94] предлагается способ образования химической связи молекул β -ЦД с целлюлозой в виде отбеленной хлопчатобумажной ткани с использованием гетеробифункциональных активных красителей, содержащих монохлортриазининовые и винилсульфонные реакционноспособные группы.

Агравал П.Б. и Вармоескеркен М. [95] сравнили эффективность ферментативной обработки и существующих химических методов связывания β -ЦД и его производных с поверхностью хлопка. Установлено, что химическая сшивка с помощью гомобифункционального реактивного красителя (С.І. активный черный 5) и прививка активным МХТ- β -ЦД обеспечивают максимальное его сцепление с поверхностью хлопка.

В работе [29] утверждается, что эффективность фиксации β -ЦД на ткани зависит от реакции красителя с циклодекстрином и волокном. Ее концентрационные параметры определяют количество ЦД, иммобилизованного на волокне. Эксперименты показали, что увеличение начальной концентрации β -ЦД приводит к увеличению его количества на ткани, но только до определенного предела. В свою очередь, строение красителя влияет на его реакционную спо-

собность по отношению к β -ЦД и целлюлозе. Поскольку гидроксильные группы целлюлозы и β -ЦД имеют аналогичную реакционную способность, его молекула может быть зафиксирована на волокне только в том случае, если одна из реакционноспособных групп красителя способна реагировать с одной из гидроксильных групп ЦД, а другая реакционноспособная группа – с гидроксильной группой целлюлозы. Таким образом, молекула красителя действует, как мост:

Целлюлоза- О- Краситель- β -ЦД

Альтернативой будет прикрепление молекулы β -ЦД к двум молекулам красителя – в этом случае мост будет длиннее:

Целлюлоза- О- Краситель- О- β -ЦД- О- Краситель- О- Целлюлоза

В то же время активный хлор из триазинового кольца может вступать в реакцию с каждой из двух гидроксильных групп (одна из β -ЦД, а другая из целлюлозы). По отношению к целлюлозе и β -ЦД бифункциональные красители проявляют различную реакционную способность, что обусловлено отличием в структуре хромофоров и мостиковых групп.

При использовании гомобифункциональных активных красителей, таких, как Reactive Black 5, прикрепление β -ЦД может быть выполнено в один этап непосредственно из красильной ванны [60]. Поскольку в красителе присутствуют две одинаковые реакционноспособные группы, вероятность прочной фиксации β -ЦД на хлопчатобумажном волокне выше, чем с гетеробифункциональным активным красителем.

Для закрепления на полиэфирных материалах используются производные циклодекстринов с алкильными или арильными группами. Процесс фиксации в данном случае аналогичен процессу крашения дисперсными красителями. Поскольку производные циклодекстринов с гидрофобными заместителями практически нерастворимы в воде, алкильные группы

циклодекстрина подобно дисперсным красителям внедряются в полимерную матрицу при температурах выше температуры стеклования полиэфира (т. е. в аморфном состоянии) и закрепляются между полимерными цепочками при понижении температуры. Полярные гидроксильные группы препятствуют полному проникновению молекулы в полимер, поэтому полость циклодекстрина остается на поверхности.

Фиксация циклодекстринов на полиамидных тканях осуществляется, так же как и кислотных красителей, за счет ионных взаимодействий между кислотными заместителями в молекуле циклодекстрина и аминогруппами на поверхности полимера.

Другой вариант химического взаимодействия предполагает присутствие полимерных композиций в качестве связующего звена между циклодекстрином и тканью. В процессе полимеризации такие молекулы связываются как с гидроксильными группами ЦД, так и с гидроксильными группами целлюлозы, закрепляя на волокне незамещенные циклодекстрины.

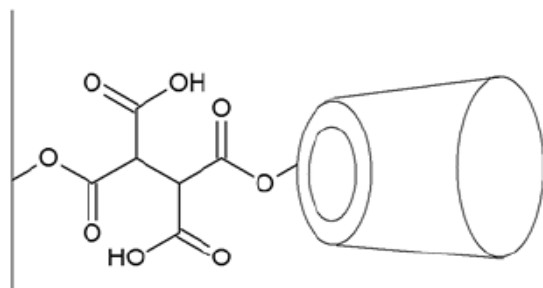


Рис. 6

В научно-технической литературе можно найти информацию об образовании связи "гость-хозяин" с использованием сшивающих агентов, например, поликарбоновые кислоты с хлопковыми, полиэфирными, полиамидными, полиакрилонитрильными волокнами и др. Механизм сшивания агентов, например, такого, как 1,2,3,4-бутантетракарбоновая кислота [96], заключается в образовании пятичленного промежуточного ангидрида, как показано на

рис. 6. Реакция происходит с гидроксильными группами целлюлозы и/или β -ЦД посредством этерификации. Поэтому данная кислота действует как сшивающий агент, придавая хлопку несминаемые свойства, а также соединяет β -ЦД с хлопком [60]. Эффективное связывание ЦД с целлюлозными волокнами может быть достигнуто с помощью отделки поликонденсатами термореактивных смол [97] или с помощью бесформальдегидных реагентов, таких, как поликарбоновые кислоты [82-83], которые ковалентно этерифицируют гидроксильные группы целлюлозы и ЦД. Одни и те же связывающие/сшивающие реагенты можно использовать для обработки различных синтетических волокон, например, полиэфирные волокна можно модифицировать β -ЦД с использованием лимонной кислоты [98].

Авторами статьи [99] предложен способ закрепления комплекса гидроксипропил- β -ЦД с рутином на целлюлозосодержащих волокнах с использованием полиэлектролитов. Для определения термодинамических параметров молекулярного комплексообразования проведены эксперименты по определению тепловых эффектов смешения раствора гидроксипропил- β -ЦД с раствором рутина и процессов взаимодействия циклодекстринов с Карбоксилав, ВПК-402 и Акремоном В-1 с образованием интерполиэлектролитных и полимерколлоидных комплексов в водном растворе и на волокне. Установлено, что добавки раствора Акремона В-1 в воду сопровождаются эндоэффектами, а затем знак теплового эффекта меняется на противоположный. Рассчитаны термодинамические параметры реакции: константа устойчивости комплекса ($k = 490 \pm 240$), изменение энтальпии ($\Delta H = -11.0 \pm 3.2$ кДж/моль), изменение энергии Гиббса ($\Delta G = -15.3$ кДж/моль), изменение энтропии ($\Delta S = 15.1$ Дж/моль К) реакции. Полученные результаты свидетельствуют об образовании относительно прочных межмолекулярных ассоциатов Карбоксилав АФ 6.35-ПДАДМАХ-Акремон В-1 – гидроксипропил- β -ЦД.

Оригинальным способом закрепления циклодекстринов на целлюлозном волокне

является предварительная аминизация его поверхности. Аминизация ткани может быть достигнута путем предварительного ее окрашивания активным красителем с аминогруппой, а затем концентрирования свободных ароматических аминов на поверхности. Аминизированный материал может быть присоединен к хиноновым группам фермента тирозиназы, непосредственно к

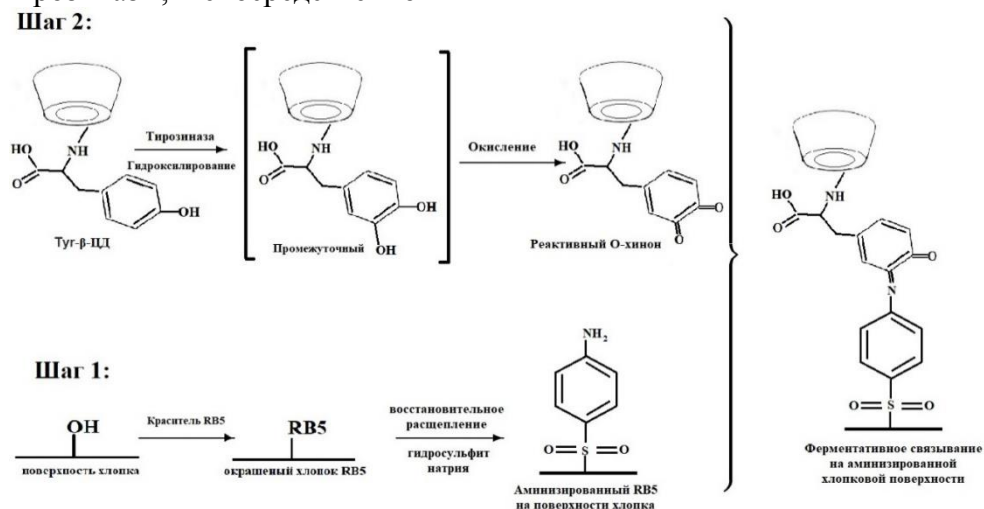


Рис. 7

Авторы работы [96] отмечают, что фиксация с помощью гомобифункционального красителя и Туг- β -ЦД приводит к более высокому количеству β -ЦД на ткани по сравнению с любым другим методом. После того как на поверхности образуется более или менее полный монослой, последующие молекулы могут взаимодействовать только с гидроксильными группами уже фиксированных циклодекстринов, а не с гидроксильными группами целлюлозы. Для достижения эффективной фиксации не требуется помещать на ткань максимально возможное количество циклодекстрина. В общем случае существует некоторое оптимальное количество закрепленных молекул циклодекстринов, соответствующее максимально возможному изменению свойств текстильного материала [100].

Заключение

В статье приведены теоретические и практические варианты технологий применения циклодекстринов в различных областях, в первую очередь в текстильной химии при функциональных отделках текстиля. При этом можно констатировать,

Туг- β -ЦД, как показано на рис. 7. В этом случае производное β -ЦД прикрепляется к тирозильной группе и может быть закреплено на аминизированной целлюлозной поверхности с помощью ароматических аминов. Это производное называется 6-монодезоксидеокси-6-моно(N-тирозилил)- β -циклодекстрин по номенклатуре IUPAC [92].

что методы фиксации циклодекстринов на поверхности волокнообразующих полимеров не являются сложными и могут быть адаптированы в рамках действующих технологий, применяемых в текстильном отделочном производстве. Приведены доказательства эффективного применения циклодекстринов в процессах крашения как антимигранта, выравнивателя, закрепителя окраски; в процессах заключительной отделки в качестве модификатора текстильных материалов, что позволяет создавать изделия с новыми функциональными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левшицкая О.Р., Рыклин Д.Б., Агиевич Д.Ю. Оценка терморегулирующей способности текстильного материала, модифицированного микрокапсулированным веществом с изменяемым фазовым состоянием // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2017. № 1 (32). С.71...80.
2. Slavica S.M., Bezbradica D., Skundric P. Microencapsulation in the textile industry // Chemical industry and chemical engineering. 2006. 12(1). P. 58...62.

3. Parashar S. Microencapsulation in textiles // International journal of applied home science. 2014. V. 1(1-3). P. 41...48.
4. Karagönlü S., Başal G., Özyıldız F., Uzel A. Preparation of thyme oil loaded microcapsules for textile applications // International journal of new technology and research (IJNTR). 2018. V. 4. P. 1...8.
5. Сорокина Д.Н. Перспективы применения микрокапсулирования в текстильных материалах // Научный форум: технические и физико-математические науки: сб-к ст. по матер. IX междунар. науч.-практ. конф. М.: МЦНО, 2017. Т.8 (9). С. 28...32.
6. Липина А.А., Антонова А.С., Носкова Ю.В., Одинцова О.И. Оценка нанодисперсного состояния и агрегативной устойчивости экспериментальных образцов инкапсулированных акарицидно-репеллентных веществ // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 4. С. 89...91.
7. Одинцова О.И., Петрова Л.С., Козлова О.В. Микрокапсулирование биологически активных веществ и их использование для функционализации текстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. №4 (376). С. 85...89.
8. Липина А.А., Петрова Л.С., Козлова О.В., Владимирцева Е.Л., Смирнова С.В., Ильичева М.Д., Одинцова О.И. Микрокапсулирование активных фрагментов биополимеров, содержащих дипептиды Туг-Про-гидрохлорид // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 6. С. 97...104.
9. Petrova L.C, Kozlova O.V., Vladimirtseva E.L, Smirnova S.V., Lipina A.A, Odintsova O.I. Development of Multifunctional Coating of Textile Materials Using Silver Microencapsulated Compositions. *Coatings*. 2021, 11(2). Doi.org/10.3390/coatings11020159
10. Szente, L., Szemán, J., Sohajda, T. Analytical Characterization of Cyclodextrins: History, Official Methods and Recommended New Techniques. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2016, 130. P. 347...365.
11. Crini, G. The Contribution of Franz Schar-dinger to Cyclodextrins: A Tribute on the Occasion of the Centenary of His Death. *J. Incl. Phenom // Macro-cycl. Chem.* 2020, 97. P. 19...28.
12. Crini, G. Review: A History of Cyclodextrins // *Chemical. Reviews.* 2014, 114. P. 10940...10975.
13. Duchêne D., Bochot A. Thirty Years with Cyclodextrins // *Int. J. Pharm.* 2016, 514. P. 58...72.
14. Song L.X., Bai L., Xu X.M., He J., Pan S.Z. Inclusion Complexation, Encapsulation Interaction and Inclusion Number in Cyclodextrin Chemistry. *Coord. Chem. Rev.* 2009, 253. P. 1276...1284.
15. Graciette Matioli, Moraes F.F., Zanin G.M. Ciclodextrinas e suas aplicacoes em: 688 Alimentos, fármacos, cosméticos, agricultura, biotecnologia, química analítica e produtos gerais // *Eduem - Editora 689 da UEM.*; 1st ed.; Eduem; ISBN 85-85545-46-1.
16. Федорова П.Ю., Гильванова Е.А., Усанов Н.Г. Сравнение кинетических свойств различных циклодекстрингликозотрансфераз // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 5 (3). С. 203...206.
17. Oliveri V., Vecchio, G. Cyclodextrins as Protective Agents of Protein Aggregation: An Overview. *Chem // Asian J.* 2016, 11. P. 1648...1657.
18. Tafazzoli M., Ghiasi M. Structure and Conformation of α -, β - and γ -Cyclodextrin in Solution: Theoretical Approaches and Experimental Validation // *Carbohydr. Polym.* 2009, 78. P. 10...15.
19. Macaev F., Boldescu V., Geronikak A., Sucman N. Recent advances in the use of cyclodextrins in antifungal formulations // *Current Topics in Medicinal Chemistry.* 2013, 13(21). P. 2677...2683.
20. Braga S.S. Cyclodextrins: Emerging Medicines of the New Millennium // *Biomolecules.* 2019. № 9(12). P. 801.
21. Crini G., Fourmentin S., Fenyvesi É., Torri G., Fourmentin M., Morin-Crini N. Cyclodextrins, from Molecules to Applications // *Environ. Chem. Lett.* 2018, 16. P. 1361...1375.
22. Grigoriu A.M. Cercetări în domeniul compusilor de incluziune ai ciclodextrinelor si al deriva Nilor acestora cu aplicaŃii în industria textilă. Teză de doctorat. Iasi. - 2009.
23. Neha Chauhan, Nisha Arya, Nirmal Yadav. Application of cyclodextrins in textiles // *International Journal of Chemical Studies.* 2018, № 6(3). P. 2314...2320.
24. Капустин М.А., Гавриленко Н.В., Курченко В.П. Получение и свойства комплексов включения циклодекстрина с диметилловым эфиром фталевой кислоты // Труды БГУ. 2011. Т. 6. Ч. 2. С. 126...133.
25. Perrin E., Kumbasar A., Atav R., Yurdakul A. Equalizing Effect of β -Cyclodextrin on Dyeing of Polyamide 6.6 Woven Fabrics with Acid Dyes // *J. Appl. Polymer Sci.* 2007, 103. P. 2660...2668.
26. Miranda de J.C., Martins T., Veiga F.J.B., Ferraz H.G. Cyclodextrins and ternary complexes: Technology to improve solubility of poorly soluble drugs // *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences.* 2011, V. 47, № 4. P. 665...681.
27. Sandilya A.A., Natarajan U., Priya M.H. Molecular View into the Cyclodextrin Cavity: Structure and Hydration // *ACS Omega.* 2020, 5. P. 25655...25667.
28. Никитин Н.А. Циклодекстрины и их комплексы включения (обзор литературы) // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015. №6. С. 3...11.
29. Grigoriu A.M., Popescu O. Applications of cyclodextrins in textiles – a review // *Bul. Inst. Polit. Iasi.* 2011, t. LVII (LXI), f. 2. P. 47...65.
30. Voncina B., Vivod V. Cyclodextrins in Textile Finishing, Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing, Dr. Melih Gunay (Ed.) // *In Tech.* 2013, P. 53...75.
31. Moulahcene L., Skiba M., Milon N., Fadila H., Bounoure F., Lahiani-Skiba M. Removal Efficiency of Insoluble β -Cyclodextrin Polymer from Water-Soluble Carcinogenic Direct Azo Dyes // *Polymers.* 2023, 15. P. 13.
32. Yadav S., Asthana A., Chakraborty R., Jain B., Ajaya Kumar Singh A.K., Carabineiro Sônia A.C., Susan Md. Abu Bin H. Cationic Dye Removal Using Novel Magnetic/Activated Charcoal/ β -Cyclodextrin

- /Alginate Polymer Nanocomposite // *Nanomaterials*. 2020, 10. P. 170.
33. *Hu X., Hu Y., Xu G., Li M., Zhu Y., Jiang L., Tu Y., Zhu X., Xie X., Li A.* Green Synthesis of a Magnetic -Cyclodextrin Polymer for Rapid Removal of Organic Micro-Pollutants and Heavy Metals from Dyeing Wastewater // *Environ. Res.* 2020, 180. 108796.
34. *Morin-Crini N., Fourmentin M., Fourmentin S., Torri, G., Crini G.* Synthesis of Silica Materials Containing Cyclodextrin and Their Applications in Wastewater Treatment. *Environ // Chem. Lett.* 2019, 17. P. 683...696.
35. *Morin-Crini N., Fourmentin M., Fourmentin S., Torri G., Crini G.* Silica Materials Containing Cyclodextrin for Pollutant Removal // *Cyclodextrin Applications in Medicine, Food, Environment and Liquid Crystals*. 2018. P. 149...182.
36. *Chen J., Liu M., Pu Y., Wang C., Han J., Jiang M., Liu K.* The Preparation of Thin-Walled Multi-Cavities -Cyclodextrin Polymer and Its Static and Dynamic Properties for Dyes Removal // *J. Environ. Manag.* 2019, 245. P. 105...113.
37. *Sikder M.T., Rahman M.M., Jakariya M., Hosokawa T., Kurasaki M., Saito T.* Remediation of Water Pollution with Native Cyclodextrins and Modified Cyclodextrins: A Comparative Overview and Perspectives. *Chem. Eng. J.* 2019, 355. P. 920...941.
38. *Sharma N., Baldi A.* Exploring Versatile Applications of Cyclodextrins: An Overview // *Drug Delivery*. 2016, 23. P. 729...747.
39. *Кедик С.А., Панов А.В.* Циклодекстрины и их применение в фармацевтической промышленности (обзор) // *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2016. №3 (16). С. 68...75.
40. *Gidwani B., Vyas A.* A Comprehensive Review on Cyclodextrin-Based Carriers for Delivery of Chemotherapeutic Cytotoxic Anticancer Drugs // *Bio-Med Res. Int.* 2015, 3. P. 1...15.
41. *Lofsson T., Duchêne D.* Cyclodextrins and Their Pharmaceutical Applications // *Int. J. Pharm.* 2007, 329. P. 1...11.
42. *Rincón-López J., Almanza-Arjona Y.C., Riscos A.P., Rojas-Aguirre Y.* Technological Evolution of Cyclodextrins in the Pharmaceutical Field. *J. Drug Deliv. Sci. Technol.* 2021, 61. 102156.
43. *Maheriya P.M.* Cyclodextrin: A Promising Candidate in Enhancing oral bioavailability of poorly water soluble drugs // *MOJ Bioequiv. Bioavailab.* 2017, 3. P. 60...63.
44. *Jambhekar S.S., Breen P.* Cyclodextrins in pharmaceutical formulations I: Structure and physico-chemical properties, formation of complexes, and types of complex // *Drug Discovery Today*. 2016, 21. P. 356...362.
45. *Панежук М.В., Волынкин В.А., Панюшкин В.Т.* Строение и свойства функционализированных циклодекстринов и комплексных соединений на их основе // *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2022. № 3. С. 430...442.
46. *Lee J., Park S.* Review of the usability of cyclodextrin as a cosmetic Ingredient // *Asian J Beauty Cosmetol.* 2019, 17(4). P. 545...553.
47. *Dos Santos C., Buera P., Mazzobre F.* Novel Trends in cyclodextrins encapsulation. Applications in food science // *Curr. Opin. Food Sci.* 2017, 16. P. 106...113.
48. *Astray G., Gonzalez-Barreiro C., Mejuto J.C., Rial-Otero R., Simal-Gándara J.* A Review on the Use of Cyclodextrins in Foods // *Food Hydrocoll.* 2009, 23. P. 1631...1640.
49. *Li Z., Chen S., Gu Z., Chen J., Wu J.* Alpha-Cyclodextrin: Enzymatic Production and Food Applications. *Trends Food Sci. Technol.* 2014, 35. P. 151...160.
50. *Капустин М.А., Чубарова А.С., Головач Т.Н. и др.* Методы получения наноконплексов биологически активных веществ с циклическими олигосахаридами, анализ их физико-химических свойств и использование в пищевом производстве // *Труды БГУ*. 2016, 11 (1). С. 73...100.
51. *Singh N., Sahu O.* Sustainable Cyclodextrin in Textile Applications // In book: *The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology*. 2018. P. 83...105.
52. *Popescu V., Petrea M., Popescu A.* Multifunctional Finishing of Cotton with Compounds Derived from MCT-CD and Quantification of Effects Using MLR Statistical Analysis // *Polymers*. 2021, 13, 410.
53. *Park J.S., Kim I.-S.* Use of β -Cyclodextrin in an Antimigration Coating for Polyester Fabric // *Color. Technol.* 2013, 129. P. 347...351.
54. *Cova T.F., Murtinho D., Pais A.A.C.C., Valente A.J.M.* Combining Cellulose and Cyclodextrins: Fascinating Designs for Materials and Pharmaceuticals // *Front. Chem.* 2018, 6. P. 271.
55. *Bezerra F. M., Lis M. J., Firmino H.B.* The role of β -cyclodextrin in the textile industry – Review // *Molecules*. 2020, 25. P. 28.
56. *Savarino P., Viscardi G., Quagliotto P., Montoneri E., Barni E.* Reactivity and Effects of Cyclodextrins in Textile Dyeing // *Dyes Pigment.* 1999, 42. P. 143...147.
57. *Cireli A., Yurdakul B.* Application of cyclodextrin to the textile dyeing and washing Processes // *J. Appl. Polym. Sci.* 2006, 100. P. 208...218.
58. *Dardeer H.M., El-sisi A.A., Emam A.A., Nora M. Hilal.* Synthesis, application of a novel Azo dye and its inclusion complex with beta-cyclodextrin onto polyester fabric // *International journal of textile science*. 2017, 6(3). P. 79...87.
59. *Ануфрик С.С., Анучин С.Н., Тарковский С.С.* Спектрально-генерационные свойства и механизм формирования интеркалированных наноконплексов краситель – циклодекстрин // *Оптика и спектроскопия*. 2022, Т. 130. № 8. С. 1181...1192.
60. *Voncina B.* Application of cyclodextrins in textile dyeing // *Textile Dyeing*, Prof. Peter Hauser (Ed.), In Tech. 2011. P. 373...392.
61. *Bezerra F.M., Carvalho Cotre D.S. de, Plath A., Firmino H.B., de Lima M.A., Lis M., Samulewski R.B., Moises M.P.* β -Cyclodextrin: Disperse yellow 211 complexes improve coloristic intensity of polyamide dyed knits // *Textile Research Journal*. 2022. Vol. 92. P. 2194...2204.

62. Ibrahim N.A., Allam E.A., El-Hossamy M.B., El-Zairy W.M. UV-Protective Finishing of Cellulose/Wool Blended Fabrics // Polymer-Plastics Technology and Engineering. 2007. № 46(9). P. 905...911.
63. Khanna S., Sharma S., Chakraborty J.N. Performance assessment of fragrance finished cotton with cyclodextrin assisted anchoring hosts // Fashion and Textiles. 2015, 2 (1). P. 17.
64. Marques H.M.C. A Review on Cyclodextrin Encapsulation of Essential Oils and Volatiles // Flavour Fragr. J. 2010, 25. P. 313...326.
65. Buschmann H.J., Knittel D., Schollmeyer E. Textile Materials with Fixed Cyclodextrins as a Fragrance Depot // Perfumer & Flavorist. 2002. V. 27. P. 36...38.
66. Srirachussin W., Sopajaree C., Maneerung T., Sangsuriya N. Modification of cotton fabrics with beta-cyclodextrin derivative for aroma finishing // Journal of the Textile Institute. 2009. № 100(8). P. 682...687.
67. Bezerra F.M., Carmona Ó.G., Carmona C.G., Souza Plath A.M., Lis M.J. Biofunctional wool using β -cyclodextrins as vehiculizer of citronella oil // Process Biochemistry. 2019. Vol. 77. P. 151...158.
68. Lis M.J., Carmona Ó.G., Carmona C.G., Bezerra F.M. Inclusion Complexes of Citronella Oil with β -Cyclodextrin for Controlled Release in Biofunctional Textiles // Polymers. 2018, 10, 13242.
69. Gao Y., Cranston R. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles // Textile Research Journal. 2008, № 78(1). P. 60...72.
70. Kacem I., Laurent T., Blanchemain N., Neut C., Chai F., Haulon S., Hildebrand H.F., Martel B. Dyeing and Antibacterial Activation with Methylene Blue of a Cyclodextrin Modified Polyester Vascular Graft. J. Biomed. Mater. Res. 2014, 102. P. 2942...2951.
71. Abdel-Halim E.S., Abdel-Mohdy F.A., Fouada M.M.G., El-Sawy S.M., Hamdy I.A., Al-Deyab S.S. Antimicrobial Activity of Monochlorotriazinyl- β -Cyclodextrin/Chlorohexidin Diacetate Finished Cotton Fabrics // Carbohydr. Polym. 2011, 86. P. 1389...1394.
72. Таусарова Б.Р., Рахимова С.М. Целлюлозные текстильные материалы с антимикробными свойствами, модифицированные наночастицами меди // Химия растительного сырья. 2018. №1. С. 163...169.
73. Sun X.-Z., Wu J.-Zi, Wang H.-D., Guan C. Thermosensitive Cotton Textile Loaded with Cyclodextrin-complexed Curcumin as a Wound Dressing // Fibers and Polymers. 2021. Vol. 22. P. 2475...2482.
74. Hedayati N., Montazer M., Mahmoudirad M., Toliyat T. Cotton fabric incorporated with β -cyclodextrin/ketoconazole/Ag NPs generating outstanding antifungal and antibacterial performances // Cellulose. 2021, № 28. P. 8095...8113.
75. Sharaf S., E El-Naggar M. Wound dressing properties of cationized cotton fabric treated with carrageenan/cyclodextrin hydrogel loaded with honey bee propolis extract // International journal of biological macromolecules. 2019, 15. P. 583...591.
76. Dong C., Ye Y., Qian L., Zhao G, He B., Xiao H. Antibacterial modification of cellulose fibers by grafting β -cyclodextrin and inclusion with ciprofloxacin // Cellulose. 2014, № 21. P. 1921...1932.
77. Hedayati N., Montazer M., Mahmoudirad M., Toliyat T. Ketoconazole and Ketoconazole/ β -cyclodextrin performance on cotton wound dressing as fungal skin treatment // Carbohydr. Polymer. 2020, 240, 116267.
78. Wang C.X., Chen L. Aromachology and its Application in the Textile Field // Fibres and Textiles in Eastern Europe. 2005, № 13(6 (54)). P. 41...44.
79. Farouk A., Sharaf S., Refaie R., Abd El-Hady M.M. Highly Durable Antibacterial Properties of Cellulosic Fabric via β -Cyclodextrin/Essential Oils Inclusion Complex // Polymers. 2022, № 14, 4899.
80. Sari C., Buket Arik. Cotton Fabrics Finished By Natural And Sulfated β -Cyclodextrin Inclusion Complexes Of Silver Nanoparticles For Biomedical Applications // Materials Science. 2022, Doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.1175598
81. Gupta A., Briffa S.M., Swingler S., Gibson H., Kannappan V., Adamus G., Kowalczyk M., Martin C., Radecka I. Synthesis of Silver Nanoparticles Using Curcumin-Cyclodextrins Loaded into Bacterial Cellulose-Based Hydrogels for Wound Dressing Applications // Biomacromolecules. 2020, 21. P. 1802...1811.
82. Voncina B., Le Marechal A.M. Grafting of cotton with beta-cyclodextrin via poly (carboxylic acid) // Journal of Applied Polymer Science. 2005, № 96(4). P. 1323...1328.
83. Martel B., Weltrowski M., Ruffin D., Morcellet M. Polycarboxylic acids as crosslinking agents for grafting cyclodextrins onto cotton or wool fabrics: Study of the process parameters // Journal of Applied Polymer Science. 2002, № 83(7). P. 1449...1456.
84. Martel B. et al. Capture and controlled release of fragrances by CD finished textiles // Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry. 2002, № 44(1). P. 439...442.
85. Martel B. et al. Finishing of polyester fabrics with cyclodextrins and polycarboxylic acids as crosslinking agents // Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry. 2002, № 44(1). P. 443...446.
86. El Ghouli, Y. et al. Mechanical and physicochemical characterization of cyclodextrin finished polyamide fibers // Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry. 2007, № 57(1). P. 47...52.
87. Bendak A., Allam O.G., El Gabry L.K. Treatment of Polyamides Fabrics with Cyclodextrins to Improve Antimicrobial and Thermal Stability Properties // The Open Textile Journal. 2010, №3. P. 6...13.
88. Denter U., Buschmann H.J., Knittel D., Schollmeyer E. Modifizierung von Faseroberflächen durch die permanente Fixierung supramolekularer Komponenten, teil 2: Cyclodextrine // Die Angewandte Makromolekulare Chemie, 1997, 248(1). P. 165...188.
89. Komponenten T. Cyclodextrine // Angew. Makromol. Chem. 1997, V. 248, Nr. 4341. P. 165...188.
90. Denter U., Buschmann H.J., Knittel D., Schollmeyer E. Verfahrenstechnische Methoden zur permanenten Fixierung von Cyclodextrinderivaten auf

textilen Oberflächen // Textilveredlung. 1997, V.32, Nr.1/2. P. 33...39.

91. *Buschmann H.J., Denter U., Knittel D., Schollmeyer E.* The Use of Cyclodextrins in Textile Processes – An Overview // *J. Text. Inst.* 1998, V.89, Nr.3. P. 554...561.

92. *Buschmann H.J., Knittel D., Schollmeyer E.* New Textile Applications of Cyclodextrins // *J. Inclusion Phenom. Macrocyclic Chem.* 2001, V.40, No.3. P. 169...172.

93. *Buschmann H.J., Schollmeyer E.* Applications of cyclodextrins in cosmetic products: A review // *J. Cosmet. Sci.* 2002, V.53. P. 185...191.

94. *Chao-Xia W., Shui-Lin C.* Anchoring β -Cyclodextrin to Retain Fragrances on Cotton by Means of Heterobifunctional Reactive Dyes // *Color. Technol.* 2004, 120. P. 14...18.

95. *Agrawal P.B., Warmoeskerken M.M.C.G.* Permanent fixation of β -cyclodextrin on cotton surface: An assessment between innovative and established approaches // *Journal of Applied Polymer Science.* 2012, 124 (5). P. 4090...4097.

96. *Vončina B., Le Marechal A.M.* [Beta]-cyclodextrin in medical and hygienic textiles // Textile Institute, Donghua University. 2004.

97. *Ostertag H.* Anwendung von β -Cyclodextrinen in der CO-Gewebeveredlung // *Melliand Textilberichte.* 2002, 83(11-12). P. 872...878.

98. *Martin del Valle E.M.* Cyclodextrins and their uses: a review. *Process Biochemistry.* 2004, 39(9). P. 1033...1046.

99. *Петрова Л.С., Яминзода З.А., Одинцова О.И., Владимирцева Е.Л., Соловьёва А.А., Смирнова А.С.* Перспективные способы антибактериальной отделки текстильных материалов // *Российский химический журнал.* 2021. №2 (LXV). С. 67...82.

100. *Гречин А., Бушман Х., Шоллмейер Э.* Косметика на текстильной подложке: новые возможности использования циклодекстринов // *Сырье и упаковка.* 2009. № 7 (98). С. 20...23.

REFERENCES

1. *Levshitskaya O.R., Ryklin D.B., Agievich D.Ju.* Estimation of thermoregulatory ability of textile material modified by microencapsulated substances with changing chemical state // *Vestnik of Vitebsk State Technological University.* 2017, № 1 (32). P.71...80.

2. *Slavica S. M., Bezbradica D., Skundric P.* Microencapsulation in the textile industry // *Chemical industry and chemical engineering.* 2006, 12(1). P. 58...62.

3. *Parashar S.* Microencapsulation in textiles // *International journal of applied home science.* 2014, V 1(1-3). P.41...48.

4. *Karagönlü S., Başal G., Özyıldız F., Uzel A.* Preparation of thyme oil loaded microcapsules for textile applications // *International journal of new technology and research (IJNTR).* 2018, V.4. P.1...8.

5. *Sorokina D.N.* Prospects for the use of microencapsulation in textile materials // *Collection of articles*

based on the materials of the IX International Scientific and Practical Conference. 2017, T.8(9). P. 28...32.

6. *Lipina A.A., Antonova A.S., Noskova Yu.V., Odintsova O.I.* Evaluation of the nanodispersed state and aggregative stability of experimental samples of encapsulated acaricidal-repellent substances // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2019. № 4. P. 89...91.

7. *Odintsova O.I., Petrova L.S., Kozlova O.V.* Microencapsulation of biologically active substances and their use for the functionalization of textile materials// *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2018. №4 (376). P. 85...89.

8. *Lipina A.A., Petrova L.S., Kozlova O.V., Vladimirtseva E.L., Smirnova S.V., Ilyicheva M.D., Odintsova O.I.* Microencapsulation of Active Fragments of Biopolymers Containing Tyr-Pro-Hydrochloride Dipeptides // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya.* 2022. T. 65. V. 6. P. 97...104.

9. *Petrova L.C., Kozlova O.V., Vladimirtseva E.L., Smirnova S.V., Lipina A.A., Odintsova O.I.* Development of Multifunctional Coating of Textile Materials Using Silver Microencapsulated Compositions. *Coatings.* – 2021, 11(2). [Doi.org/10.3390/coatings11020159](https://doi.org/10.3390/coatings11020159)

10. *Szente, L., Szemán, J., Sohajda, T.* Analytical Characterization of Cyclodextrins: History, Official Methods and Recommended New Techniques. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2016, 130. P. 347...365.

11. *Crini, G.* The Contribution of Franz Schar-dinger to Cyclodextrins: A Tribute on the Occasion of the Centenary of His Death. *J. Incl. Phenom // Macrocycl. Chem.* 2020, 97. P. 19...28.

12. *Crini, G.* Review: A History of Cyclodextrins // *Chemical. Reviews.* - 2014, 114. P. 10940...10975.

13. *Duchêne D., Bochet A.* Thirty Years with Cyclodextrins // *Int. J. Pharm.* 2016, 514. P. 58...72.

14. *Song L.X., Bai L., Xu X.M., He J., Pan S.Z.* Inclusion Complexation, Encapsulation Interaction and Inclusion Number in Cyclodextrin Chemistry. *Coord. Chem. Rev.* 2009, 253. P. 1276...1284.

15. *Graciette Matioli, Moraes F.F., Zanin G.M.* Ciclodextrinas e suas aplicacoes em: 688 Alimentos, fármacos, cosméticos, agricultura, biotecnologia, química analítica e produtos gerais // *Eduem - Editora 689 da UEM.*; 1st ed.; Eduem; ISBN 85-85545-46-1.

16. *Fedorova P.Yu., Gilvanova E.A., Usanov N.G.* Comparison of the kinetic properties of various cyclodextrin glucosyltransferases // *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* 2011. T. 13. № 5 (3). P. 203...206.

17. *Oliveri V., Vecchio G.* Cyclodextrins as Protective Agents of Protein Aggregation: An Overview. *Chem // Asian J.* 2016, 11. P. 1648...1657.

18. *Tafazzoli M., Ghiasi M.* Structure and Conformation of α -, β - and γ -Cyclodextrin in Solution: Theoretical Approaches and Experimental Validation // *Carbohydr. Polym.* 2009, 78. P. 10...15.

19. *Macaev F., Boldescu V., Geronikak A., Sucman N.* Recent advances in the use of cyclodextrins in

antifungal formulations // *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 2013, 13(21). P. 2677...2683.

20. *Braga S.S.* Cyclodextrins: Emerging Medicines of the New Millennium // *Biomolecules*. 2019. № 9(12). P. 801.

21. *Crini G., Fourmentin S., Fenyvesi É., Torri G., Fourmentin M., Morin-Crini N.* Cyclodextrins, from Molecules to Applications // *Environ. Chem. Lett.* 2018, 16. P. 1361...1375.

22. *Grigoriu A.M.* Cercetări în domeniul compusilor de incluziune ai ciclodextrinelor și ai derivaților acestora cu aplicații în industria textilă. Teză de doctorat. Iasi. 2009.

23. *Neha Chauhan, Nisha Arya, Nirmal Yadav.* Application of cyclodextrins in textiles // *International Journal of Chemical Studies*. 2018. № 6(3). P. 2314...2320.

24. *Kapustin M.A., Gavrilenko N.V., Kurchenko V.P.* Preparation and properties of inclusion complexes of cyclodextrin with phthalic acid dimethyl ester // *Proceedings of the Belarusian State University*. 2011. T. 6, part 2. P. 126...133.

25. *Perrin E., Kumbasar A., Atav R., Yurdakul A.* Equalizing Effect of β -Cyclodextrin on Dyeing of Polyamide 6.6 Woven Fabrics with Acid Dyes // *J. Appl. Polymer Sci.* 2007, 103. P. 2660...2668.

26. *Miranda de J.C., Martins T., Veiga F.J.B., Ferraz H.G.* Cyclodextrins and ternary complexes: Technology to improve solubility of poorly soluble drugs // *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2011. V. 47. № 4. P. 665...681.

27. *Sandilya A.A., Natarajan U., Priya M.H.* Molecular View into the Cyclodextrin Cavity: Structure and Hydration // *ACS Omega*. 2020, 5. P. 25655...25667.

28. *Nikitin N.A.* Cyclodextrins and their inclusion complexes (literature review) // *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2015, №6. P. 3...11.

29. *Grigoriu A.M., Popescu O.* Applications of cyclodextrines in textiles – a review // *Bul. Inst. Polit. Iasi*. 2011. T. LVII (LXI), f. 2. P. 47...65.

30. *Voncina B., Vivod V.* Cyclodextrins in Textile Finishing, Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing, Dr. Melih Gunay (Ed.) // *In Tech*. 2013. P. 53...75.

31. *Moulaheene L., Skiba M., Milon N., Fadila H., Bounoure F., Lahiani-Skiba M.* Removal Efficiency of Insoluble β -Cyclodextrin Polymer from Water-Soluble Carcinogenic Direct Azo Dyes // *Polymers*. 2023, 15. P. 13.

32. *Yadav S., Asthana A., Chakraborty R., Jain B., Ajaya Kumar Singh A.K., Carabineiro Sônia A.C., Susan Md. Abu Bin H.* Cationic Dye Removal Using Novel Magnetic/Activated Charcoal/ β -Cyclodextrin/Alginate Polymer Nanocomposite // *Nanomaterials*. 2020, 10. P. 170.

33. *Hu X., Hu Y., Xu G., Li M., Zhu Y., Jiang L., Tu Y., Zhu X., Xie X., Li A.* Green Synthesis of a Magnetic β -Cyclodextrin Polymer for Rapid Removal of Organic Micro-Pollutants and Heavy Metals from Dyeing Wastewater // *Environ. Res.* 2020, 180. 108796.

34. *Morin-Crini N., Fourmentin M., Fourmentin S., Torri, G., Crini G.* Synthesis of Silica Materials Con-

taining Cyclodextrin and Their Applications in Wastewater Treatment. *Environ // Chem. Lett.* 2019, 17. P. 683...696.

35. *Morin-Crini N., Fourmentin M., Fourmentin S., Torri G., Crini G.* Silica Materials Containing Cyclodextrin for Pollutant Removal // *Cyclodextrin Applications in Medicine, Food, Environment and Liquid Crystals*. 2018. P. 149...182.

36. *Chen J., Liu M., Pu Y., Wang C., Han J., Jiang M., Liu K.* The Preparation of Thin-Walled Multi-Cavities β -Cyclodextrin Polymer and Its Static and Dynamic Properties for Dyes Removal // *J. Environ. Manag.* 2019, 245. P. 105...113.

37. *Sikder M.T., Rahman M.M., Jakariya M., Hosokawa T., Kurasaki M., Saito T.* Remediation of Water Pollution with Native Cyclodextrins and Modified Cyclodextrins: A Comparative Overview and Perspectives. *Chem. Eng. J.* 2019, 355. P. 920...941.

38. *Sharma N., Baldi A.* Exploring Versatile Applications of Cyclodextrins: An Overview // *Drug Delivery*. 2016, 23. P. 729...747.

39. *Kedik S.A., Panov A.V.* Cyclodextrins and their application in the pharmaceutical industry (review) // *Drug development and registration*. 2016, №3 (16). P. 68...75.

40. *Gidwani B., Vyas A.* A Comprehensive Review on Cyclodextrin-Based Carriers for Delivery of Chemotherapeutic Cytotoxic Anticancer Drugs // *Bio-Med Res. Int.* 2015, 3. P. 1...15.

41. *Lofsson T., Duchêne D.* Cyclodextrins and Their Pharmaceutical Applications // *Int. J. Pharm.* 2007, 329. P. 1...11.

42. *Rincón-López J., Almanza-Arjona Y.C., Riscos A.P., Rojas-Aguirre Y.* Technological Evolution of Cyclodextrins in the Pharmaceutical Field. *J. Drug Deliv. Sci. Technol.* 2021, 61. 102156.

43. *Maheriya P.M.* Cyclodextrin: A Promising Candidate in Enhancing oral bioavailability of poorly water-soluble drugs // *MOJ Bioequiv. Bioavailab.* 2017, 3. P. 60...63.

44. *Jambhekar S.S., Breen P.* Cyclodextrins in pharmaceutical formulations I: Structure and physicochemical properties, formation of complexes, and types of complex // *Drug Discovery Today*. 2016, 21. P. 356...362.

45. *Papezhuk M.V., Volynkin V.A., Panyushkin V.T.* Structure and properties of functionalized cyclodextrins and complex compounds based on them // *Russian Chemical Bulletin*. 2022. № 3. P. 430...442.

46. *Lee J., Park S.* Review of the usability of cyclodextrin as a cosmetic ingredient // *Asian J Beauty Cosmetol.* 2019, 17(4). P. 545...553.

47. *Dos Santos C., Buera P., Mazzobre F.* Novel Trends in cyclodextrins encapsulation. Applications in food science // *Curr. Opin. Food Sci.* 2017, 16. P. 106...113.

48. *Astray G., Gonzalez-Barreiro C., Mejuto J.C., Rial-Otero R., Simal-Gándara J.* A Review on the Use of Cyclodextrins in Foods // *Food Hydrocoll.* - 2009, 23. P. 1631...1640.

49. Li Z., Chen S., Gu Z., Chen J., Wu J. Alpha-Cyclodextrin: Enzymatic Production and Food Applications. *Trends Food Sci. Technol.* 2014, 35. P. 151...160.
50. Kapustin M.A., Chubarova A.S., Golovach T.N. and others. Methods for obtaining nanocomplexes of biologically active substances with cyclic oligosaccharides, analysis of their physico-chemical properties and use in food production // *Proceedings of the Belarusian State University.* 2016, 11 (1). P. 73...100.
51. Singh N., Sahu O. Sustainable Cyclodextrin in Textile Applications // In book: *The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology.* 2018. P. 83...105.
52. Popescu V., Petrea M., Popescu A. Multifunctional Finishing of Cotton with Compounds Derived from MCT-CD and Quantification of Effects Using MLR Statistical Analysis // *Polymers.* 2021, 13, 410.
53. Park J.S., Kim I.-S. Use of β -Cyclodextrin in an Antimigration Coating for Polyester Fabric // *Color. Technol.* 2013, 129. P. 347...351.
54. Cova T.F., Murtinho D., Pais A.A.C.C., Valente A.J.M. Combining Cellulose and Cyclodextrins: Fascinating Designs for Materials and Pharmaceuticals // *Front. Chem.* 2018, 6. P. 271.
55. Bezerra F. M., Lis M. J., Firmino H.B. The role of β -cyclodextrin in the textile industry – Review // *Molecules.* 2020, 25. P. 28.
56. Savarino P., Viscardi G., Quagliotto P., Montoneri E., Barni E. Reactivity and Effects of Cyclodextrins in Textile Dyeing // *Dyes Pigment.* 1999, 42. P. 143...147.
57. Cireli A., Yurdakul B. Application of cyclodextrin to the textile dyeing and washing Processes // *J. Appl. Polym. Sci.* 2006, 100. P. 208...218.
58. Dardeer H.M., El-sisi A.A., Emam A.A., Nora M. Hilal. Synthesis, application of a novel Azo dye and its inclusion complex with beta-cyclodextrin onto polyester fabric // *International journal of textile science.* 2017, 6(3). P. 79...87.
59. Anufrik S.S., Anuchin S.N., Tarkovsky S.S. Spectral-generation properties and the mechanism of formation of intercalated dye-cyclodextrin nanocomplexes // *Optics and Spectroscopy.* 2022, T. 130, № 8. P. 1181...1192.
60. Voncina B. Application of cyclodextrins in textile dyeing // *Textile Dyeing*, Prof. Peter Hauser (Ed.), In *Tech.* 2011. P. 373...392.
61. Bezerra F.M., Carvalho Cotre D.S. de, Plath A., Firmino H.B., de Lima M.A., Lis M., Samulewski R.B., Moises M.P. β -Cyclodextrin: Disperse yellow 211 complexes improve coloristic intensity of polyamide dyed knits // *Textile Research Journal.* 2022. Vol. 92. P. 2194...2204.
62. Ibrahim N.A., Allam E.A. El-Hossamy M.B., El-Zairy W.M. UV-Protective Finishing of Cellulose/Wool Blended Fabrics // *Polymer-Plastics Technology and Engineering.* 2007, № 46(9). P. 905...911.
63. Khanna S., Sharma S., Chakraborty J. N. Performance assessment of fragrance finished cotton with cyclodextrin assisted anchoring hosts // *Fashion and Textiles.* 2015, 2 (1). P. 17.
64. Marques H.M.C. A Review on Cyclodextrin Encapsulation of Essential Oils and Volatiles // *Flavour Fragr. J.* 2010, 25. P. 313...326.
65. Buschmann H.J., Knittel D., Schollmeyer E. Textile Materials with Fixed Cyclodextrins as a Fragrance Depot // *Perfumer & Flavorist.* 2002, V. 27. P. 36...38.
66. Sricharussin W., Sopajaree C., Maneerung T., Sangsuriya N. Modification of cotton fabrics with beta-cyclodextrin derivative for aroma finishing // *Journal of the Textile Institute.* 2009, № 100(8). P. 682...687.
67. Bezerra F.M., Carmona Ó.G., Carmona C.G., Souza Plath A.M., Lis M.J. Biofunctional wool using β -cyclodextrins as vehiculizer of citronella oil // *Process Biochemistry.* 2019. Vol. 77. P. 151...158.
68. Lis M.J., Carmona Ó.G., Carmona C.G, Bezerra F.M. Inclusion Complexes of Citronella Oil with β -Cyclodextrin for Controlled Release in Biofunctional Textiles // *Polymers.* 2018, 10, 13242.
69. Gao Y., Cranston R. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles // *Textile Research Journal.* 2008, № 78(1). P. 60...72.
70. Kacem I., Laurent T., Blanchemain N., Neut C., Chai F., Haulon S., Hildebrand H.F., Martel B. Dyeing and Antibacterial Activation with Methylene Blue of a Cyclodextrin Modified Polyester Vascular Graft. *J. Biomed. Mater. Res.* 2014, 102. P. 2942...2951.
71. Abdel-Halim E.S., Abdel-Mohdy F.A., Fouada M.M.G., El-Sawy S.M., Hamdy I.A., Al-Deyab S.S. Antimicrobial Activity of Monochlorotriazinyl- β -Cyclodextrin/Chlorohexidin Diacetate Finished Cotton Fabrics // *Carbohydr. Polym.* 2011, 86. P. 1389...1394.
72. Tausarova B.R., Rakhimova S.M. Cellulose textile materials with antimicrobial properties modified with copper nanoparticles // *Chemistry of plant raw material.* 2018, №1. C. 163...169.
73. Sun X.-Z., Wu J.-Zi, Wang H.-D., Guan C. Thermosensitive Cotton Textile Loaded with Cyclodextrin-complexed Curcumin as a Wound Dressing // *Fibers and Polymers.* 2021, Vol. 22. P. 2475...2482.
74. Hedayati N., Montazer M., Mahmoudirad M., Toliyat T. Cotton fabric incorporated with β -cyclodextrin/ketoconazole/Ag NPs generating outstanding antifungal and antibacterial performances // *Cellulose.* 2021, № 28. P. 8095...8113.
75. Sharaf S., E El-Naggar M. Wound dressing properties of cationized cotton fabric treated with carageenan/cyclodextrin hydrogel loaded with honey bee propolis extract // *International journal of biological macromolecules.* 2019, 15. P. 583...591.
76. Dong C., Ye Y., Qian L., Zhao G, He B., Xiao H. Antibacterial modification of cellulose fibers by grafting β -cyclodextrin and inclusion with ciprofloxacin // *Cellulose.* 2014, № 21. P. 1921...1932.
77. Hedayati N., Montazer M., Mahmoudirad M., Toliyat T. Ketoconazole and Ketoconazole/ β -cyclodextrin performance on cotton wound dressing as fungal skin treatment // *Carbohydr Polymer.* 2020, 240, 116267.
78. Wang C.X., Chen L. Aromachology and its Application in the Textile Field // *Fibres and Textiles in Eastern Europe.* 2005, № 13(6 (54)). P. 41...44.

79. Farouk A., Sharaf S., Refaie R., Abd El-Hady M. M. Highly Durable Antibacterial Properties of Cellulosic Fabric via β -Cyclodextrin/Essential Oils Inclusion Complex // *Polymers*. 2022, № 14, 4899.
80. Sari C., Buket Arik. Cotton Fabrics Finished By Natural And Sulfated β -Cyclodextrin Inclusion Complexes Of Silver Nanoparticles For Biomedical Applications // *Materials Science*. 2022, Doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.1175598
81. Gupta A., Briffa S.M, Swingler S., Gibson H., Kannappan V., Adamus G., Kowalczyk M., Martin C., Radecka I. Synthesis of Silver Nanoparticles Using Curcumin-Cyclodextrins Loaded into Bacterial Cellulose-Based Hydrogels for Wound Dressing Applications // *Biomacromolecules*. 2020, 21. P. 1802...1811.
82. Vončina B., Le Marechal A.M. Grafting of cotton with beta-cyclodextrin via poly (carboxylic acid) // *Journal of Applied Polymer Science*. 2005, № 96(4). P. 1323...1328.
83. Martel B., Weltrowski M., Ruffin D., Morcellet M. Polycarboxylic acids as crosslinking agents for grafting cyclodextrins onto cotton or wool fabrics: Study of the process parameters // *Journal of Applied Polymer Science*. 2002, № 83(7). P. 1449...1456.
84. Martel B. et al. Capture and controlled release of fragrances by CD finished textiles // *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*. 2002, № 44(1). P. 439...442.
85. Martel B. et al. Finishing of polyester fabrics with cyclodextrins and polycarboxylic acids as crosslinking agents // *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*. 2002, № 44(1). P. 443...446.
86. El Ghoul, Y. et al. Mechanical and physico-chemical characterization of cyclodextrin finished polyamide fibers // *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*. 2007, № 57(1). P. 47...52.
87. Bendak A., Allam O.G., El Gabry L.K. Treatment of Polyamides Fabrics with Cyclodextrins to Improve Antimicrobial and Thermal Stability Properties // *The Open Textile Journal*. 2010. №3. P. 6...13.
88. Denter U., Buschmann H.J., Knittel D., Schollmeyer E. Modifizierung von Faseroberflächen durch die permanente Fixierung supramolekularer Komponenten, teil 2: Cyclodextrine // *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*. 1997, 248(1). P. 165...188.
89. Komponenten T. Cyclodextrine // *Angew. Makromol. Chem*. 1997. V.248, Nr. 4341. P. 165...188.
90. Denter U., Buschmann H.J., Knittel D., Schollmeyer E. Verfahrenstechnische Methoden zur permanenten Fixierung von Cyclodextrinderivaten auf textilen Oberflächen // *Textilveredlung*. 1997. V.32, Nr.1/2. P. 33...39.
91. Buschmann H.J., Denter U., Knittel D., Schollmeyer E. The Use of Cyclodextrins in Textile Processes – An Overview // *J. Text. Inst.* 1998. V.89, Nr.3. P. 554...561.
92. Buschmann H.J., Knittel D., Schollmeyer E. New Textile Applications of Cyclodextrins // *J. Inclusion Phenom. Macrocyclic Chem.* 2001. V.40. No.3. P. 169...172.
93. Buschmann H.J., Schollmeyer E. Applications of cyclodextrins in cosmetic products: A review // *J. Cosmet. Sci.* 2002, V.53. P. 185...191.
94. Chao-Xia W., Shui-Lin C. Anchoring β -Cyclodextrin to Retain Fragrances on Cotton by Means of Heterobifunctional Reactive Dyes // *Color. Technol.* 2004, 120. P. 14...18.
95. Agrawal P.B., Warmoeskerken M.M.C.G. Permanent fixation of β -cyclodextrin on cotton surface: An assessment between innovative and established approaches // *Journal of Applied Polymer Science*. 2012, 124 (5). P. 4090...4097.
96. Vončina B., Le Marechal A.M. [Beta]-cyclodextrin in medical and hygienic textiles // *Textile Institute, Donghua University*. 2004.
97. Ostertag H. Anwendung von β -Cyclodextrinen in der CO-Gewebeveredlung // *Melliand Textilberichte*. 2002, 83(11-12). P. 872...878.
98. Martin del Valle E.M. Cyclodextrins and their uses: a review. *Process Biochemistry*. 2004, 39(9). P. 1033...1046.
99. Petrova L.S., Yaminzoda Z.A., Odintsova O.I., Vladimirtseva E.L., Solovieva A.A., Smirnova A.S. Promising methods of antibacterial finishing of textile materials // *Russian Chemistry Journal*. 2021. №2 (LXV). P. 67...82.
100. Grechin A., Bushman H., Schollmeyer E. Cosmetics on a textile substrate: new possibilities for using cyclodextrins // *Raw materials and packaging*. 2009. № 7 (98). P. 20...23.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов ИГХТУ. Поступила 28.06.23.

УДК 336.221

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_41

**РАЗРАБОТКА СХЕМ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**DEVELOPMENT OF TAX SCHEMES FOR INDIVIDUALS
IN THE RUSSIAN FEDERATION**

М.В. МЕДВЕДЕВА¹, Н.Ю. ЧЕЛНОКОВА¹, В.А. ДЕЛЬЦОВА¹, С.М. МАРЧЕНКО¹, Л.А. ШАБАНОВА²
M.V. MEDVEDEVA¹, N.Y. CHELNOKOVA¹, V.A. DELTSOVA¹, S.M. MARCHENKO¹, L.A. SHABANOVA²

¹Ивановский государственный политехнический университет,

²Межрайонная инспекция Федеральной налоговой службы № 6 по Ивановской области)

(Ivanovo State Polytechnical University,
Interdistrict Inspection of the Federal Tax Service No. 6 in the Ivanovo region)

E-mail: mmv_777@mail.ru; chelnokova-n@yandex.ru;
v.deltsova@yandex.ru; svetmii@mail.ru

В статье рассматриваются теоретико-методические вопросы развития налогообложения физических лиц в РФ. Существующие элементы системы, на основе которых проводится анализ схемы налогообложения, авторы предлагают расширить, включив в перечень обязательных элементы «Налоговая льгота» и «Бюджет поступления налога». Это позволит не только сравнивать разные виды налогов, но и отслеживать динамику внесения изменений в налоговое законодательство. Преимуществами изложенного подхода представления элементов налогообложения является их простота, наглядность и универсальный характер.

В статье представлены предложения по порядку уплаты налога на доходы физических лиц и налога на профессиональный доход, которые приведут к увеличению налоговых поступлений и более равномерному их распределению между непосредственно бюджетом субъекта РФ и местными бюджетами. Государственная политика в области модернизации системы налогообложения создает предпосылки для стимулирования экономических процессов, что непосредственно влияет на уровень жизни в стране в целом.

The article deals with theoretical and methodological issues of taxation development for individuals in the Russian Federation. The existing elements of the system, on the basis of which the analysis of the taxation scheme is carried out, the authors propose to expand by including the elements "Tax benefit" and "Tax revenue budget" in the list of mandatory elements. The use of this tool will allow not only to compare different types of taxes, but also to track the dynamics of changes in tax

legislation. The advantages of the described approach to the presentation of elements of taxation are their simplicity, visibility and universal character.

The article presents proposals on the procedure for paying personal income tax and professional income tax, which will lead to an increase in tax revenues and a more even distribution between the budget of the subject of the Russian Federation and local budgets. The state policy in the field of modernization of the taxation system creates prerequisites for stimulating economic processes, which directly affects the standard of living in the country as a whole.

Ключевые слова: налог, налоговая система, налогообложение, льготы, налоги на физические лица, налог на доходы физических лиц, налог на профессиональный доход.

Keywords: tax, tax system, taxation, taxes on individuals, personal income tax, professional income tax.

Применение налогов является одним из экономических методов государственного управления коммерческими структурами и физическими лицами. С помощью налогов определяются взаимоотношения предпринимателей, предприятий всех форм собственности с государственными и местными бюджетами, с банками, а также с вышестоящими организациями. При помощи налогов регулируется внешнеэкономическая деятельность, включая привлечение иностранных инвестиций, формируется хозяйственный доход и прибыль предприятия или индивидуального предпринимателя.

Естественно, налоговая система влияет и на социальные процессы на уровне коммерческих предприятий через эффективность функционирования коммерческой организации. Если налоговая система позволяет эффективно функционировать коммерческой организации, то в этом случае у нее имеются возможности для повышения заработной платы, что ведет не только к повышению материального положения работников предприятия, но и к увеличению налоговых отчислений [1].

Вопросы развития налогообложения рассматривались в фундаментальных трудах А. Смита, Д. Рикардо, Дж. Ст. Милля, А. Маршалла, исследовались в работах А.В. Брызгалина, Б.В. Гусева, Е.В. Мухомовой, Ю.Н. Никулиной. Вопросы развития налогообложения физлиц в Российской Федерации с учетом мирового опыта нашли отражение в работах М.Ю. Березина и И.В. Гор-

ского. Вопросам совершенствования порядка применения льготного режима налогообложения физических лиц уделено внимание в работах Л.И. Гончаренко, М.Р. Пинской, Н.И. Малис. Решению проблем, связанных с определением величины налоговой базы для целей налогообложения, посвятили свои работы Н.В. Волович, А.В. Пылаева. Вопросы обеспечения эффективного налогового администрирования при переходе на взимание налогов на имущество в части объектов недвижимости на основе кадастровой стоимости нашли отражение в работах М.В. Мишустина.

Несмотря на значимость указанных исследований растянувшийся во времени переход к налогообложению обуславливает необходимость дальнейшего изучения специфики применения налогов. В этой связи необходима проработка широкого круга вопросов, включающих анализ концептуальных подходов к налогообложению, исследование международного опыта установления основных элементов налогообложения.

Выделяют налоги с физических лиц и юридических. Для правовой грамотности необходимо понимать отличие физических лиц от юридических. Физическое лицо – всегда один человек, реальный субъект. Юридическое лицо обычно состоит из нескольких участников, хотя может принадлежать и одному человеку. Состав и количество участников может меняться. Юридическое лицо создается по всем правилам законодательства, подлежит обязательной

регистрации, всегда имеет свой юридический адрес, организационно-правовую форму. Риски участников юридического лица (организации) всегда ограничены. В отличие от физического лица, юридическое может отвечать только за административные и гражданско-правовые нарушения.

Физическое лицо законодательно получает куда больше прав, свобод и обязанностей, оно может участвовать в создании коммерческих и некоммерческих организаций, совершать сделки, обладать своим имуществом. Но независимо от того, физическое лицо или юридическое, их объединяет система налогообложения [2].

Чаще всего термин «схема налогообложения» применяется для проведения описательного анализа элементов налогообложения, в состав которых входят:

- объект налогообложения;
- налоговая база;
- налоговая ставка;
- налоговый период;
- порядок исчисления;
- порядок и сроки уплаты.

Указанные термины подробно описаны в Налоговом кодексе РФ [2], мы не будем заострять на этом вопросе свое внимание.

Мы предлагаем расширить перечень элементов налогообложения, усовершенствовав процедуру налогообложения, которая представлена в виде табл. 1 [3]. В перечень обязательных элементов, на наш взгляд, необходимо включить такие пункты, как «Налоговая льгота» и «Бюджет поступления налога».

Таблица 1

Элемент схемы налогообложения	Период
Объект налогообложения	
Налоговая база	
Налоговый период	
Налоговая ставка	
Порядок исчисления налога	
Порядок и срок уплаты налога	
Налоговая льгота	
Бюджет поступления налога	

Преимуществами данного способа представления элементов налогообложения является их простота и наглядность. Заметим, что данная схема носит универсальный характер, поэтому ее можно адаптировать под все виды налогов и сборов.

Рассмотрим элементы налогообложения физических лиц в Российской Федерации и самозанятых как особой категории физических лиц.

Каждый житель России, осуществляющий трудовую деятельность, должен уплачивать налог на доходы физических лиц (НДФЛ). Объектом налогообложения признается доход, который получают граждане России как на территории нашей страны, так и за ее пределами. Нерезиденты платят этот налог только с доходов, полученных в РФ [4].

Налоговой базой признаются все доходы налогоплательщика, полученные им в течение налогового периода. В законодательстве выделены следующие виды доходов, которые необходимо учитывать при расчете налога: 1) доходы в денежной форме; 2) доходы в натуральной форме; 3) доходы, полученные в виде материальной выгоды; 4) возникшие у налогоплательщика права на распоряжение доходами.

Налоговым периодом по НДФЛ является календарный год.

Ставка НДФЛ для резидентов и нерезидентов составляет 13% или 15% в зависимости от суммы дохода. Для некоторых видов доходов ставка налога повышается до 35% (п. 2 ст. 224 НК РФ) [4].

Помимо 13% работодатель обязан перечислять за работника взносы в страховые фонды в размере 30% (гл. 34 НК РФ) [4]:

- 22% – на обязательное пенсионное страхование;
- 5,1% – на обязательное медицинское страхование;
- 2,9% – на обязательное социальное страхование.

В соответствии с законодательством от уплаты НДФЛ освобождаются некоторые категории операций и налогоплательщиков.

Для регионального и местных бюджетов НДФЛ является источником жизнеобеспечения муниципальных образований. За счет его сборов и поступлений в казну решаются проблемы различной направленности: здравоохранения, культурные, образовательные, социальные обязательства, поддержание правопорядка и др. Этому способствует основная функция налогово-

обложения – фискальная. Суть ее состоит в том, чтобы изъять определенную долю дохода физических лиц и направить ее на формирование бюджетной системы страны. Данная функция самая главная среди других функций, то есть она не является единственной. Также существует социальная и регулирующая функция налогообложения. Социальная функция

несет в себе социальные аспекты, которые проявляются в освобождении части населения от уплаты НДФЛ. К таким категориям граждан относятся пенсионеры, учащиеся, инвалиды. Третья функция – регулирующая. Ее суть заключается в предоставлении льгот по уплате налога, в модификации налоговых ставок, установлении структуры налогоплательщиков.

Т а б л и ц а 2

Элемент схемы налогообложения	Элементы налогообложения на 2020 год	Элементы налогообложения на 2023 год	Предложения
Объект налогообложения	Доход, полученный налогоплательщиками*	Доход, полученный налогоплательщиками*	Доход, полученный налогоплательщиками*
Налоговая база	Все доходы налогоплательщика, полученные им как в денежной, так и в натуральной форме, или право на распоряжение доходами, которое у него возникло, а также доходы в виде материальной выгоды, определяемой в соответствии со ст. 212 НК РФ.	Все доходы налогоплательщика, полученные им как в денежной, так и в натуральной форме, или право на распоряжение доходами, которое у него возникло, а также доходы в виде материальной выгоды, определяемой в соответствии со ст. 212 НК РФ.	Все доходы налогоплательщика, полученные им как в денежной, так и в натуральной форме, или право на распоряжение доходами, которое у него возникло, а также доходы в виде материальной выгоды, определяемой в соответствии со ст. 212 НК РФ.
Налоговый период	Календарный год	Календарный год	Календарный год
Налоговая ставка (по основным пунктам)	1) для резидентов – 13%; 2) для нерезидентов – 15%; 3) на некоторые виды доходов ставка повышается до 35% (п. 2 ст. 224 НК РФ)	1) для резидентов – 13%, если доход (налоговая база) за налоговый период составляет менее 5 млн руб. или равен 5 млн руб.; 2) для нерезидентов – 13%, если доход (налоговая база) за налоговый период составляет менее 5 млн руб. или равен 5 млн руб.; 3) на некоторые виды доходов ставка повышается до 35% (п. 2 ст. 224 НК РФ)	1) для резидентов – 13% и более; 2) для нерезидентов – 15% и более; 3) на некоторые виды доходов ставка повышается до 35% (п. 2 ст. 224 НК РФ); 4) ввести налог на бездетность (с 30 до 50 лет, за исключением граждан, имеющих проблемы со здоровьем) – 1%
Порядок начисления налога	Налоговая база начисляется по каждому виду доходов и каждому источнику выплаты	Налоговая база начисляется по каждому виду доходов и каждому источнику выплаты	Налоговая база начисляется по каждому виду доходов и каждому источнику выплаты
Порядок и срок уплаты налога	Работодатель не позднее следующего дня после выплаты зарплаты. Физические лица при декларировании не позднее 15 июля текущего года	Работодатель не позднее следующего дня после выплаты аванса или зарплаты. Физические лица при декларировании не позднее 15 июля текущего года	Работодатель не позднее следующего дня после выплаты аванса или зарплаты. Физические лица при декларировании не позднее 15 июля текущего года
Налоговая льгота	1) стандартные; 2) социальные; 3) имущественные; 4) профессиональные	1) стандартные; 2) социальные; 3) имущественные; 4) профессиональные	1) стандартные; 2) социальные; 3) имущественные; 4) профессиональные
Бюджет поступления налога	В региональные бюджеты – 85% В местные бюджеты – 15%	В региональные бюджеты – 85% В местные бюджеты – 15%	В региональные бюджеты – 75% В местные бюджеты – 25%

* Не все доходы физических лиц облагаются НДФЛ.

Разработанная нами схема налогообложения физических лиц по НДФЛ, учитывающая историю формирования данного налога и наши предложения, представлена в табл. 2.

На практике возможность исполнения социальных обязательств напрямую зависит от размера налогооблагаемой базы субъекта РФ, а она везде разная [5]. Чтобы минимизировать разрыв, по нашему мнению, кроме создания новых рабочих мест, увеличения численности занятого в производстве населения и развития собственной налоговой базы муниципалитетов необходимо создать правовые основания для более равномерного распределения поступлений НДФЛ между непосредственно бюджетом субъекта РФ и местными бюджетами. Следует отметить, что аналогичное предложение было рассмотрено 19.10.2016 г. на заседании Государственной Думы России. Согласно проекту Федерального закона N981174-6 «О внесении изменений в Бюджетный кодекс РФ» в целях поддержки муниципалитетов предлагалось более равномерно распределить нормативы поступлений НДФЛ, в частности, 50% в бюджет субъекта РФ, остальные 50% непосредственно в бюджеты муниципальных образований. Однако проект не нашел одобрения, в т. ч. по причине отсутствия обоснованных способов компенсации выпадающих доходов региональных бюджетов [6].

Второй налог, заслуживающий нашего внимания, – налог на профессиональный доход (НПД). Это новый специальный налоговый режим для самозанятых граждан, который можно применять с 2019 года. Он позволит вывести из теневой экономики мелкий бизнес, легализовать доходы и увеличить налоговые поступления, что очень важно.

В Федеральном законе от 27.11.2018 г. №422 НПД трактуется как доход от самостоятельного ведения деятельности или использования имущества [7].

Объектом налогообложения являются доходы от реализации товаров, услуг и имущественных прав. Такая формулировка

в законе подходит очень широкому перечню профессий и услуг.

В мобильном приложении «Мой налог» и вэб-кабинете, расположенном на сайте ФНС России <https://npd.nalog.ru>, «самозанятый» налогоплательщик может самостоятельно сформировать справку о постановке на учет в электронном виде, которая приравнивается к справке, выданной на бумажном носителе в налоговом органе.

Эксперимент по установлению специального налогового режима «Налог на профессиональный доход» проводится в следующих субъектах Российской Федерации [7]:

– с 1 января 2019 года в городе Москве, в Московской и Калужской областях, а также в Республике Татарстан;

– с 1 января 2020 в городе федерального значения Санкт-Петербурге, в Волгоградской, Воронежской, Ленинградской, Нижегородской, Новосибирской, Омской, Ростовской, Самарской, Сахалинской, Свердловской, Тюменской и Челябинской областях, в Красноярском и Пермском краях, в Ненецком автономном округе, Ханты-Мансийском автономном округе – Югре, Ямало-Ненецком автономном округе, в Республике Башкортостан;

– с 1 июля 2020 года в Алтайском, Краснодарском, Камчатском, Приморском, Ставропольском и Хабаровском краях, Амурской, Астраханской, Архангельской, Белгородской, Брянской, Владимирской, Ивановской, Иркутской, Курганской, Костромской, Кировской, Курской, Липецкой, Мурманской, Новгородской, Оренбургской, Орловской, Псковской, Пензенской, Рязанской, Саратовской, Смоленской, Тульской, Тверской, Томской, Ярославской областях, Кемеровской области – Кузбассе, в республиках Алтай, Бурятия, Дагестан, Кабардино-Балкария, Крым, Коми, Карелия, Мордовия, Саха (Якутия), Удмуртия, Чувашия, Хакасия, в Чукотском автономном округе, Еврейской автономной области и городе Севастополь;

– с 3 июля 2020 года в Республике Адыгея;

- с 9 июля 2020 года в Ульяновской области и Республике Тыва;
- с 24 июля 2020 года в Республике Северная Осетия-Алания;
- с 1 августа 2020 года в Магаданской и Вологодской областях и Республике Калмыкия;
- с 1 сентября 2020 года в Чеченской Республике, Карачаево-Черкесской Республике и Забайкальском крае;
- с 5 сентября 2020 года в Тамбовской области;
- с 6 сентября 2020 года в Республике Марий Эл;
- с 19 октября 2020 года в Республике Ингушетия.

Налог на профессиональный доход – это не дополнительный налог, а новый специальный налоговый режим. Переход на него осуществляется добровольно. У тех налогоплательщиков, которые не перейдут на этот налоговый режим, остается обязанность платить налоги с учетом других режимов налогообложения.

Новый режим налогообложения могут применять физлица и индивидуальные предприниматели (самозанятые), у которых одновременно соблюдаются следующие условия [7]:

1. Они получают доход от самостоятельного ведения деятельности или использования своего имущества.
2. При ведении этой деятельности не имеют работодателя, с которым заключен трудовой договор.
3. Не привлекают для этой деятельности наемных работников по трудовым договорам.
4. Вид деятельности, условия ее осуществления или сумма дохода не попадают в перечень исключений, указанных в ст. 4 и 6 Федерального закона от 27.11.2018 № 422-ФЗ.

По налогу на профессиональный доход предусмотрены налоговые ставки [7]:

- 4% – используется при расчете налога с продаж российским и иностранным физическим лицам;
- 6% – используется при расчете налога с продаж российским и иностранным орга-

низациям и индивидуальным предпринимателям.

Уплата налога на профессиональный доход производится ежемесячно не позднее 25-го числа месяца, следующего за истекшим налоговым периодом (месяцем). Если эта дата является праздничным или выходным днем, тогда срок уплаты переносится на первый рабочий день.

Следует учесть, что первый налоговый период считают со дня регистрации и до конца следующего месяца. Например, при постановке на учет в январе уведомление о начисленном налоге впервые придет до 12 марта. Заплатить указанную в нем сумму нужно до 25 марта.

Налогоплательщик вправе уполномочить на уплату налога операторов электронных площадок и/или кредитные организации, которые осуществляют информационный обмен с налоговыми органами. В этом случае налоговый орган будет дополнительно направлять уведомление об уплате налога уполномоченному лицу.

Снятие с налогового учета плательщика НПД в добровольном порядке осуществляется при представлении в налоговый орган через мобильное приложение «Мой налог»/веб-кабинет заявления о снятии с учета в случае отказа от применения специального налогового режима.

Налогоплательщик после снятия с учета в налоговом органе вправе повторно встать на учет в качестве плательщика НПД при отсутствии у него недоимки по налогу, задолженности по пеням и штрафам по налогу.

После снятия с учета (утраты права) предоставляется ограниченный доступ в мобильное приложение «Мой налог»/веб-кабинет, в котором будет сохранена функция уплаты налога.

Предлагаемая нами схема налогообложения самозанятых представлена в табл. 3.

Мы предлагаем изменить налоговую льготу, связав ее с прожиточным минимумом в регионе. Численность населения в Ивановской области с доходами ниже прожиточного минимума в 2019 году составляла 142,6 тыс. чел. [8]. Величина прожи-

точного минимума – 11 513 рублей, общая численность населения Ивановской области – 1 004, 18 тыс. человек. На 1 января 2023 года величина прожиточного минимума в Ивановской области оценивается в 13 369 руб. [9]. То есть налоговая система

может придать рыночной экономике социальную направленность [10], как это сделано для населения, например, в Объединенных Арабских Эмиратах, Бахрейне, Саудовской Аравии, Новой Зеландии и Сербии, но может и усложнить жизнь граждан.

Т а б л и ц а 3

Элемент схемы налогообложения	2019 год (Ивановский регион – с 2020 г.)	2023 год	Предложения
Объект налогообложения	Доходы от реализации товаров, работ, услуг и имущественных прав	Доходы от реализации товаров, работ, услуг и имущественных прав	Доходы от реализации товаров, работ, услуг и имущественных прав
Налоговая база	Денежное выражение дохода, полученного от реализации товаров (работ, услуг, имущественных прав), являющегося объектом налогообложения	Денежное выражение дохода, полученного от реализации товаров (работ, услуг, имущественных прав), являющегося объектом налогообложения	Денежное выражение дохода, полученного от реализации товаров (работ, услуг, имущественных прав), являющегося объектом налогообложения
Налоговый период	Календарный месяц	Календарный месяц	Календарный месяц
Налоговая ставка	4% на операции с физическими лицами; 6% на операции с юридическими лицами	4% на операции с физическими лицами; 6% на операции с юридическими лицами	4% на операции с физическими лицами; 6% на операции с юридическими лицами
Порядок исчисления налога	Доход*ставку В период с 9-го по 12-е число месяца, следующего за истекшим налоговым периодом, налоговым органом автоматически формируется квитанция на уплату налога и направляется в мобильное приложение «Мой налог» и веб-кабинет «Мой налог»	Доход*ставку Налоговый орган уведомляет налогоплательщика через мобильное приложение "Мой налог" не позднее 12-го числа месяца, следующего за истекшим налоговым периодом, о сумме налога, подлежащей уплате по итогам налогового периода, с указанием реквизитов, необходимых для уплаты налога. В случае если сумма налога, подлежащая уплате по итогам налогового периода, составляет менее 100 рублей, указанная сумма добавляется к сумме налога, подлежащей уплате по итогам следующего налогового периода.	Доход*ставку Налоговый орган уведомляет налогоплательщика через мобильное приложение "Мой налог" не позднее 12-го числа месяца, следующего за истекшим налоговым периодом, о сумме налога, подлежащей уплате по итогам налогового периода, с указанием реквизитов, необходимых для уплаты налога. В случае если сумма налога, подлежащая уплате по итогам налогового периода, составляет менее 100 рублей, указанная сумма добавляется к сумме налога, подлежащей уплате по итогам следующего налогового периода.
Порядок и срок уплаты налога	Ежемесячно не позднее 25-го числа месяца, следующего за истекшим налоговым периодом (месяцем)	Ежемесячно не позднее 25-го числа месяца, следующего за истекшим налоговым периодом (месяцем)	Ежемесячно не позднее 25-го числа месяца, следующего за истекшим налоговым периодом (месяцем)
Налоговая льгота	10000 руб.	10000 руб.	13369 руб.

При этом значительными факторами для экономического роста экономики РФ, по мнению современных ученых и практиков, являются обеспечение институциональной стабильности и налоговые льготы на инвестируемые ресурсы [11].

Еще один вопрос в данной проблематике является весьма актуальным, расширяя поле дальнейших исследований. В литературе описываются различные легальные методы и модели оптимизации налоговых поступлений (оптимизация за счет выбора места регистрации, оптимального режима налогообложения, вида договоров и формы совершения сделки с контрагентами, использование всех предоставленных законодательством льгот и налоговых освобождений, формирование учетной политики, обеспечивающей максимальный эффект) [12, 13], но все они применяются к юридическим лицам.

ВЫВОДЫ

Государственная политика в области подоходного налогообложения напрямую влияет на скорость и вектор развития экономических, социальных и демографических процессов в обществе.

Модернизируя порядок налогообложения, изменяя налоговые ставки, льготы, порядок уплаты, государство создает предпосылки для стимулирования инвестиционных процессов в экономике, развития различных видов экономической деятельности, отдельных товаропроизводителей, что в конечном итоге влияет на состояние экономики и уровень жизни в стране в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агирбова А.А.* Налоговая система как правовая категория и институт финансовой системы государства // *Аллея науки: научно-практический электронный журнал.* 2017. Т.2. № 15. С. 565...569.
2. Налоговый кодекс Российской Федерации (НК РФ), часть первая от 31 июля 1998 года N146-ФЗ (последняя редакция) // *Справочная правовая система «КонсультантПлюс».* – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671/
3. *Медведева М.В., Шабанова Л.А.* Разработка схемы налогообложения физических лиц в Российской Федерации // *Генезис экономических и социальных проблем субъектов рыночного хозяйства в Рос-*

сии. Иваново: ИВГПУ, 2021. Вып. 14. С. 31...33.

4. Налоговый кодекс Российской Федерации (НК РФ), часть вторая от 5 августа 2000 года N117-ФЗ (последняя редакция) // *Справочная правовая система «КонсультантПлюс».* – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/

5. *Ковалева Т.М., Бойко И.А.* Современные направления развития инструментов бюджетного механизма в РФ // *Экономика и предпринимательство.* 2021. №1. С. 273...276.

6. Федеральный закон «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 27.11.2017 N 335-ФЗ (последняя редакция) // *Справочная правовая система «КонсультантПлюс».* – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_283495/

7. Федеральный закон «О проведении эксперимента по установлению специального налогового режима «Налог на профессиональный доход» от 27.11.2018 N 422-ФЗ (последняя редакция) // *Справочная правовая система «КонсультантПлюс».* – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_311977/

8. Ивановская область. Статистический ежегодник. 2020: статистический сборник / *Ивановостат.* Иваново, 2020. 434с.

9. Сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Ивановской области. – <https://ivanovo.gks.ru/>

10. *Мезенцева Ю.Р., Гончаев Д.Х., Харченко К.Е., Шевченко Е.Е.* Актуальные проблемы налогообложения физических лиц в РФ // *УЭКС.* 2017. №6 (100). – <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-nalogooblozheniya-fizicheskikh-lits-v-rf-1>

11. *Гурнак А.В., Назарова Н.А.* Налоговое стимулирование экономического роста в России: проблемы и перспективы // *Налоги и налогообложение.* 2023. № 1. – https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=39483

12. *Сошко И.А.* Налоговая оптимизация: к теории вопроса // *Oeconomia et Jus.* 2016. №2. – <https://cyberleninka.ru/article/n/nalogovaya-optimizatsiya-k-teorii-voprosa>

13. *Яричина Г.Ф., Бородкина В.В.* Методы оптимизации в налогообложении предприятия. Красноярск: Изд-во СФУ, 2015. 120 с.

REFERENCES

1. *Agirbova A.A.* Tax system as a legal category and institution of the state financial system // *Alleya nauki: nauchno-prakticheskii elektronnyi zhurnal.* 2017. T. 2. № 15. S. 565...569.
2. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671/
3. *Medvedeva M.V., Shabanova L.A.* Development of a tax scheme Individuals in the Russian Federation // *Genezis ekonomicheskikh i sotsial'nykh problem sub'yektov rynochnogo khozyaystva v Rossii.* Ivanovo: IVGPU, 2021. V. 14. S. 31...33.

4. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/

5. Kovaleva T.M., Boyko I.A. Modern directions for the development of budget mechanism instruments in the Russian Federation // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2021. №1. S. 273...276.

6. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_283495/

7. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_311977/

8. Ivanovskaya oblast'. Statisticheskiy yezhegodnik. 2020: statisticheskiy sbornik / Ivanovstat. Ivanovo, 2020. 434 s.

9. <https://ivanovo.gks.ru/>

10. Mezenceva, YU.R., Gonchaev D.H., Harchenko K.E., Shevchenko E.E. – <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-nalogooblozheniya-fizicheskikh-lits-v-rf-1>

11. Gurnak A.V., Nazarova N.A. – https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=39483

12. Soshko I.A. <https://cyberleninka.ru/article/n/nalogovaya-optimizatsiya-k-teorii-voprosa>

13. YArichina, G.F., Borodkina V.V. Optimization methods in enterprise taxation. Krasnoyarsk: Izd-vo SFU, 2015. 120 s.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства ИВГПУ. Поступила 30.11.21.

УДК 338.45

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_49

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ АУТСОРСИНГА

DIVERSIFICATION OF THE ACTIVITIES OF TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES BASED ON OUTSOURCING

М.С. ОБОРИН^{1, 2, 3}, И.И. САВЕЛЬЕВ^{4, 5}

M.S. OBORIN^{1, 2, 3}, I.I. SAVELEV^{4, 5}

¹Пермский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова,

²Пермский государственный национальный исследовательский университет,

³Пермский государственный аграрно-технологический университет им. ак. Д.Н. Прянишникова,

⁴Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

⁵Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)

(¹Perm Institute (branch) of the Plekhanov Russian University of Economics,

²Perm State National Research University,

³Pryanishnikov Perm State Agrarian and Technological University,

⁴Lomonosov Moscow State University,

⁵Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs)

E-mail: matvey_uk@rambler.ru, sii-33@mail.ru

В настоящее время мы можем наблюдать процесс усиления по всему миру экономической взаимозависимости национальных экономик, при котором эффективность деятельности каждой компании и предприятия обусловлена уровнем использования цифровых технологических решений, а также способностью к адаптации к трансформации действующей бизнес-модели. Необходимо отметить, что предприятия могут добиться конкурентных преимуществ в процессе производства или поставки товаров в быстро меняющейся экономике только в тесном сотрудничестве с заинтересованными субъектами экономических отношений. В связи с этим предприятиям текстильной промышленности целесообразно развивать базовую специализацию и делегировать второстепенные бизнес-процессы сторонним компаниям, используя современные цифровые технологии. В данной работе проводится исследование аутсорсинга комплексных услуг в текстиль-

ном кластере. В статье представлена интеграция бизнес-моделей текстильного кластера и предприятия по аутсорсинговым услугам. Сделаны выводы, что предприятия, деятельность которых направлена на предоставление комплексных услуг аутсорсинга, должны постоянно развивать свои человеческие ресурсы, привлекать профессиональных сотрудников, строить свою управленческую и производственную структуру на основе цифровых технологий, что способствует приобретению конкурентных преимуществ.

Nowdays we can observe the process of strengthening the economic interdependence of national economies around the world, in which the efficiency of each company and enterprise is determined by the level of use of digital technological solutions, as well as the ability to adapt to the transformation of the current business model. It should also be noted that enterprises can achieve competitive advantages in the production or supply of goods in a rapidly changing economy only in close cooperation with interested subjects of economic relations. In this connection, it is advisable for textile industry enterprises to develop basic specialization and delegate secondary business processes to third-party companies using modern digital technologies. In this paper, a study of outsourcing of complex services in the textile cluster is carried out. The article presents the integration of business models of a textile cluster and an enterprise for outsourcing services. It is concluded that enterprises which activities are aimed at providing comprehensive outsourcing services should constantly develop their human resources, attract professional employees, build their management and production structure based on digital technologies, which contributes to the acquisition of competitive advantages.

Ключевые слова: текстильный кластер, комплексный аутсорсинг, цифровизация, аутсорсинговые услуги, бизнес-модель, организационная модель.

Keywords: textile cluster, complex outsourcing, digitalization, outsourcing services, business model, organizational model.

Введение

В текущих условиях развития рыночной экономики в России субъектам экономической деятельности необходимо своевременно реагировать на изменения рынка и в соответствии с ними принимать соответствующие действенные стратегические решения. Такие решения должны быть направлены на формирование эффективного и долгосрочного сотрудничества с партнерами, входящими в сетевые и кластерные структуры, в том числе холдинги и ассоциации. В сфере текстильного производства принятие подобных стратегических решений осложнено в текущий период высоким уровнем конкуренции, стремительным темпом развития современных

технологий и инноваций, трудностями обмена информацией, навыками или опытом между разными организациями и сегментами рынка. Вследствие высокой конкуренции и меняющихся интеграционных связей компаниям легкой промышленности приходится корректировать бюджет затрат и разрабатывать новые подходы к деятельности на основе рационального использования ресурсного потенциала и привлеченных материально-финансовых средств.

В данном случае компаниям целесообразно использовать модель аутсорсинга, сформированную по принципу передачи второстепенных бизнес-процессов сторонней компании на основании договорных обязательств [12].

Результаты и обсуждения

Многие российские экономисты занимались исследованием влияния аутсорсинга на деятельность предприятий [8]. Классическими видами аутсорсинга являются *ИТ-аутсорсинг* – процесс передачи обслуживания компьютерной и оргтехники специализирующейся на этом компании и *аутсорсинг бизнес-процессов* – тесное взаимодействие между заказчиком и поставщиком услуг. Многие исследователи считают, что достичь максимального эффекта компаниям можно при взаимодействии с одной сторонней компанией сразу по нескольким направлениям на основе комплексных договорных отношений [1]. Такие комплексные направления могут включать управление информационными, компьютерными и коммуникационными ресурсами организации, логистику, инвентаризационный аудит и прочее.

В научных работах аутсорсинг рассматривают как обязательный элемент кластерно-сетевое партнерства, где субъекты экономических отношений нацелены на стратегические преимущества и готовы к компромиссным решениям, что позволяет сотрудничать длительный период [12]. На наш взгляд, большинство компаний в будущем будут взаимодействовать именно с теми организациями, которые предлагают комплексные аутсорсинговые услуги с целью повышения уровня конкурентоспособности и получения максимального экономического эффекта.

В настоящее время мы можем наблюдать активное развитие интеграции цифровых технологий в реализацию основного продукта, когда большинство операций основано на субподряде сопровождения ИТ-инфраструктуры и внешней ИТ-поддержке компаний. При этом необходимо отметить, что базовые бизнес-процессы текстильной компании, являющиеся основой дохода, реализуются непосредственно самой компанией без участия сторонних компаний по оказанию аутсорсинговых услуг. Возможность передачи ключевых бизнес-процессов компании аутсорсинговым фирмам в нашей стране имеется, но, как правило, за

счет иностранных компаний, у которых открыты филиалы на территории развития. В западных и европейских странах процесс передачи основных бизнес-процессов аутсорсингу широко распространен, в России же спрос на данные виды услуг ограничен ввиду недостатка практического опыта и полноценной информационной базы [7]. Помимо этого развитие сферы аутсорсинга в России ограничено устаревшими способами *ведения бизнеса* организацией, правилами *ведения* этого *бизнеса*, лежащими в основе стратегии компании, отсутствием долгосрочных контрактов и квалифицированных специалистов, а также нестабильным экономическим положением в стране [6].

По мнению ряда исследователей, отечественные компании не разграничивают функции аутсорсинга и заемного труда, так как рассчитывают на существенное снижение расходов, тогда как иностранные компании напротив максимально вкладывают средства в сервисный аутсорсинг с целью повышения производительности основных бизнес-процессов и совершенствования стратегии развития.

Сегодня мировыми лидерами по уровню развития сферы услуг и использованию аутсорсинга являются страны с наиболее развитой конкурентоспособной экономикой: Великобритания, США, страны Западной Европы. В то же время современная мировая экономика характеризуется усилением конкуренции со стороны развивающихся стран, которые стремятся стать мировыми лидерами в сфере предоставления услуг аутсорсинга. Данные страны включают: Бразилию, Аргентину, Чили, Индонезию, Малайзию, Индию и Китай. В настоящее время Китай реализует программы по обучению и сертификации квалифицированных специалистов по аутсорсингу в рамках государственного содействия по курсу, содержащему передовой опыт управления проектами на основе базы знаний аутсорсинга IAOP OPBoK. Благодаря реализации данной программы сегодня в Китае осуществляют свою деятельность до миллиона профессиональных аутсорсеров [13].

В России сегодня многие компании используют успешный практический опыт зарубежных стран в развитии аутсорсинга, однако темпы развития аутсорсинга в стране довольно медленные несмотря на то, что с каждым годом его позиции укрепляются за счет развития цифровизации.

Цифровые технологии, как правило, не призваны заменять текущие процессы, они направлены на совершенствование бизнес-процессов компании, адаптированных под современные реалии экономики. Цифровые технологии способствуют ускорению текущих процессов текстильного предприятия, минимизации временных затрат и обеспечению внутренней непротиворечивости данных.

При приобретении компанией комплексного пакета аутсорсинговых услуг в организации возникает процесс передачи конкретных видов или производственных функций хозяйственной деятельности аутсорсинговой компании на договорной основе. Далее администрация компании, предоставляющей услуги аутсорсинга, размещает заказ на создание группы специалистов по проекту, в который входят переданные бизнес-процессы на аутсорсинг. После на основании размещенного заказа из разных ведомств и отделов отбираются квалифицированные кадры для реализации проекта. Эта группа специалистов осуществляет заказ по полному сопровождению всех бизнес-процессов, учету, безопасности, профессиональной уборке, финансово-кассовому обслуживанию, погрузке и так далее. На заключительном этапе заказчик получает квалифицированную услугу по оказанию комплексного аутсорсинга и при положительном результате продлевает договор на более длительный срок [2].

Рассмотрим организационную модель комплексного аутсорсинга на следующем примере. Предприятие текстильной промышленности формирует заявку на оказание аутсорсинга бухгалтерских, юридических и маркетинговых услуг, которая передается администрации компании, предоставляющей услуги аутсорсинга. На основании условий заказа формируется приказ о создании проектной команды, включаю-

щей специалистов бухгалтерии, юридического отдела и отдела логистики. К отобранным специалистам по каждому профилю приставляется управляющий по контролю реализуемых аутсорсинговых услуг. В функции управляющего входит взаимодействие с клиентом по условиям заказа, по текущим вопросам и отчетам полученных результатов. Аутсорсинговый проект считается завершенным после того, как квалифицированная команда выполнит все условия заказчика и клиент примет работу. Если результат оказанных аутсорсинговых услуг устраивает заказчика и он продлевает договор с аутсорсинговой компанией, то последующие задачи будет выполнять та же сформированная команда специалистов. При ситуации, когда клиенту больше не нужны данные услуги, специалисты распускаются.

В зависимости от количества отделов и специалистов аутсорсинговая компания может формировать несколько групп по проектам под каждый отдельный заказ. Предложенная организационная модель комплексного аутсорсинга может трансформироваться, что зависит от основных направлений деятельности компании [5].

Еще одним примером для анализа является предприятие Polly (гостиничный текстильный менеджмент), реализующее свою деятельность в Санкт-Петербурге. Задача аутсорсинга данной компании состоит в обеспечении гостиниц необходимым текстилем. Цена этого вопроса в рамках делегирования аутсорсинговой компании примерно на 4% в год больше, чем самостоятельное выполнение этой функции. Услуги аутсорсинга предприятия Polly включают:

- закупку текстильных изделий;
- бесплатную замену продукции в случае ее изношенности;
- сбор, чистку, ремонт белья;
- гигиеническое и экологическое тестирование текстиля;
- управление запасами текстиля.

Сегодня рассматриваемое предприятие работает со следующими текстильными изделиями: предметы постельного белья, полотенца, изготовленные из натуральной ткани, банная одежда и прочее. Гостинич-

ный текстильный менеджмент Polly предлагает следующий ассортимент текстильных тканей на любое предпочтение заказчика: плотные хлопчатобумажные ткани, легкий хлопок, хлопчатобумажные ткани повышенной прочности из некрученых нитей и инновационное высокотехнологичное поколение материалов для домашнего текстиля из хлопковой пряжи с добавлением от 35 до 85% полиэстера [9].

Аутсорсинг текстиля характеризуется тем, что он основан на принципе принятия решений, где в выигрыше остаются все участники, в данном случае гостиница и непосредственно сама компания. Выгода для гостиницы заключается в экономии временных и финансовых ресурсов, а аутсорсинговой текстильной компании – в финансовой прибыли, основанной на объеме текстиля и услуг прачечной, а также последующем обслуживании текстильных изделий [11]. Аутсорсинговая текстильная компания затрачивает большие материальные ресурсы на реализацию длительного срока службы текстильных изделий посредством бережного, качественного и дорогого ухода.

Для формирования организационной модели компании, использующей услуги аутсорсинга, необходимо учитывать следующие факторы: организационно-правовую

форму, элемент стратегии, определяющий область деловых интересов компании, производимую продукцию, количество занятых, потребительский рынок, экономическое пространство для предложения товаров и услуг, технологии производства, источники информации и прочее. Немаловажное значение имеет модель, формирующая иерархию внутри компании, через которую реализуется взаимодействие между всеми элементами компании [3].

Процессы, от которых напрямую зависит прибыль компании, находятся в ведении административного аппарата компании, а процессы, необходимые для обеспечения стабильного функционирования основных бизнес-процессов компании, можно делегировать аутсорсинговой компании.

Для применения организационной модели предприятия, использующей услуги аутсорсинга, компания должна оптимизировать следующие направления:

- а) дифференцирование поставленных задач по отделам компании;
- б) повышение профессионального уровня в принятии стратегических решений в части производства;
- в) обеспечение координации структурного аппарата компании.

Контроль представленных условий осуществляется организационной структурой и экономической моделью компании [10].



Рис. 1

Реализация организационной модели предприятия, использующей услуги аутсорсинга, предполагает разветвление структуры компании на следующие блоки: администрирование, виды работ, второстепенные формы деятельности. И далее в каждом представленном блоке формируются бизнес-процессы [4].

На рис. 1 представлена актуальная бизнес-модель текстильного кластера, согласно которой основным потребителем аутсорсинговых услуг является *производственное ядро*, на аутсорсинг могут быть переданы *различные функциональные направления*, в том числе *участникам кластера*.

При анализе сформированных бизнес-процессов по каждому отдельному блоку административный аппарат компании уточняет вопрос передачи данных бизнес-процессов на аутсорсинг. К примеру, текстильный кластер на аутсорсинге может пользоваться услугами следующего рода:

- ИТ и бухгалтерские услуги;
- социологические исследования, сфокусированные на изучении рынка и его участников;
- совокупность мероприятий, направленных на формирование представлений о фирме;
- коммуникации для привлечения внимания целевой аудитории;
- логистика;
- тесная координация с партнерами.

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать выводы, что аутсорсинг вспомогательных функций позволяет текстильной компании направить все свои ресурсы на реализацию основных бизнес-процессов. В исследовании доказана целесообразность заключения договоров на комплексные услуги аутсорсинга, которые включают: бухгалтерский, финансовый, логистический, юридический, ИТ-аутсорсинг и прочие виды услуг, ассортимент которых расширяется по мере развития цифровых технологий. При обращении к аутсорсингу субъектов текстильного кластера реализуется ряд положительных направлений, включая снижение транзак-

ционных издержек, развитие инноваций и цифровых технологий, что в целом позволяет компании направлять весь свой ресурсный потенциал на реализацию профильных функций и бизнес-процессов. Компании, чья деятельность направлена на предоставление комплексных услуг аутсорсинга, должны постоянно развивать свои человеческие ресурсы, расширять штат сотрудников, в который должны входить специалисты разного профиля, строить свою управленческую и производственную структуру на основе цифровых технологий, что будет способствовать приобретению конкурентных преимуществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бушueva М.А., Масюк Н.Н., Брагина З.В., Петрухин А.Б., Гришианова О.А. Представление бизнес-модели текстильного кластера как инновационной сетевой экосистемы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1 (367). С. 10...17.
2. Валитова Л.А., Шарко Е.Р., Шерешева М.Ю. Выделение промышленных кластеров на основе анализа бизнес-связей: пример текстильной отрасли // Управление. 2021. Т.12, №4. С. 59...74.
3. Карпова Т.П. Аутсорсинг как форма партнерских отношений и перспективы формирования новых объектов бухгалтерского учета // Петербургский экономический журнал. 2019. № 3. С. 86...94.
4. Клинова А.Н., Масюк Н.Н., Бушueva М.А. Стратегия комплексного аутсорсинга финансовых функций предприятий в условиях кластерно-сетевой экономики // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2015 № 4(17). С. 182...187.
5. Комаров С.М. Влияние экономического фактора спекулятивного валютного риска на международный аутсорсинг // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. 2020. Т.9, №1. С. 27...37.
6. Масюк Н.Н., Кузнецова Ю.П., Бушueva М.А. Глобальный аутсорсинг как разновидность стратегического партнерства // Экономика и предпринимательство. 2014. №12-3(53-3). С. 949...953.
7. Милова А.И., Лиманская Т.А. Аутсорсинг бухгалтерского учета в современном мире // Актуальные проблемы учета, анализа и аудита. 2021. № 10. С. 63...70.
8. Орехова С.В., Мисюра А.В., Баусова Ю.С. Стратегия vs бизнес-модель: эволюция и дифференциация // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2020. № 3. С. 160...181.
9. Плотников В.А. Партнерство государства и бизнеса в современных условиях: перспективы трансформации // Управленческое консультирование. 2021. № 7. С. 29...38.

10. Родионова С.А. Историческое развитие аутсорсинга // Символ науки. 2018. № 7. С. 74...76.

11. Стародубцева О.А. Отличительные особенности производственного аутсорсинга от производственного краудсорсинга // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского ин-та бизнеса. 2017. № 2. С. 93...96.

12. Федоров С.И. Кластерная политика и инновационная активность промышленных предприятий // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2021. №4. С. 161...185.

13. Шаповалова Е.Б. Кластеры в текстильной и легкой промышленности Российской Федерации // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 5(107). С. 49...52.

REFERENCES

1. Bushueva M.A., Masyuk N.N., Bragina Z.V., Petrukhin A.B., Grishanova O.A. Presentation of the textile cluster business model as an innovative network ecosystem // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. No. 1 (367). Pp. 10...17.

2. Valitova L.A., Sharko E.R., Sheresheva M.Yu. The allocation of industrial clusters based on the analysis of business relations: an example of the textile industry // Upravlenec. 2021. Vol.12, No. 4. Pp. 59...74.

3. Karpova T.P. Outsourcing as a form of partnership and prospects for the formation of new accounting objects // Peterburgskij ekonomicheskij zhurnal. 2019. No. 3. Pp. 86...94.

4. Klinkova A.N., Masyuk N.N., Bushueva M.A. Strategy of complex outsourcing of financial functions of enterprises in the conditions of cluster-network economy // Azimut nauchnyh issledovaniy: ekonomika i upravlenie. 2015 No. 4(17). Pp. 182...187.

5. Komarov S.M. The influence of the economic factor of speculative currency risk on international outsourcing // Research and development. The Economics of the Firm. 2020. Vol. 9, No. 1. Pp. 27...37.

6. Masyuk N.N., Kuznetsova Yu.P., Bushueva M.A. Global outsourcing as a kind of strategic partnership // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2014. №12-3(53- 3). Pp. 949...953.

7. Milova A.I., Limanskaya T.A. Outsourcing of accounting in the modern world // Aktual'nye problemy ucheta, analiza i audita. 2021. No. 10. Pp. 63...70.

8. Orekhova S.V., Misyura A.V., Bausova Yu.S. Strategy vs Business model: Evolution and differentiation // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika. 2020. No. 3. Pp. 160...181.

9. Plotnikov V.A. Partnership of the state and business in modern conditions: prospects of transformation // Upravlencheskoe konsul'tirovanie. 2021. No. 7. Pp. 29...38.

10. Rodionova S.A. Historical development of outsourcing // Simvol nauki. 2018. No. 7. Pp. 74...76.

11. Starodubtseva O.A. Distinctive features of production outsourcing from production crowdsourcing // Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestn. Volgogradskogo in-ta biznesa. 2017. No. 2. Pp. 93...96.

12. Fedorov S.I. Cluster policy and innovative activity of industrial enterprises // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika. 2021. No.4. Pp. 161...185.

13. Shapovalova E.B. Clusters in the textile and light industry of the Russian Federation // Nauka i biznes: puti razvitiya. 2020. No. 5(107). Pp. 49...52.

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 28.03.23.

**СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**STRATEGIC DIRECTIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT
LIGHT INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

Б.С. МУХАН¹, А.С. ТУЛЕМЕТОВА¹, П.Т. БАЙНЕНЕВА², А.М. ЕСИРКЕПОВА¹, З.У. КУДАЙБЕРГЕНОВА³
B.S. MUKHAN¹, A.S. TULEMETOVA¹, P.T. BAINENEVA², A.M. YESSIRKEPOVA¹, Z.U. KUDAYBERGENOVA³

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Республика Казахстан,
²Университет имени Жумабека Ташенева, Республика Казахстан,
³Южно-Казахстанская медицинская академия, Республика Казахстан)

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan,
²Zhumabek Tashenev University, Republic of Kazakhstan,
³South Kazakhstan medical academy, Republic of Kazakhstan)

E-mail: essirkepova@mail.ru

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью разработки методических и практических механизмов реализации стратегии устойчивого развития легкой промышленности. В этой связи целью исследования является разработка стратегических направлений устойчивого развития этой отрасли. Несмотря на значительный вклад ученых в области теории и практики стратегического развития, проблемы устойчивого развития отрасли в контексте формирования эффективного механизма государственной промышленной политики и разработки стратегии устойчивого развития из-за своей многоплановости и сложности пока еще остаются недостаточно разработанными. Предметом исследования являются механизмы и инструменты формирования и реализации стратегии устойчивого развития отрасли промышленности. Методологической основой исследования стали общенаучные методы познания, такие, как методы структурного и экономического анализов и синтеза, а также специфические методы оценки состояния стратегии развития легкой промышленности, на основе которых разработаны стратегические направления развития легкой промышленности в Республике Казахстан.

The relevance of the research topic is due to the need to develop methodological and practical mechanisms for implementing the strategy of sustainable development of light industry. In this regard, the purpose of the study is to create strategic directions for the sustainable development of this industry. Despite the significant contribution of scientists in the field of theory and practice of strategic development, the problems of sustainable development of the industry in the context of the formation of an effective mechanism of state industrial policy and the development of a sustainable development strategy due to their diversity and complexity are still insufficiently developed. The subject of the research is the mechanisms and tools for the formation and implementation of a strategy for the sustainable development of the industry. The methodological basis of the study was general scientific methods of cognition, such as methods of structural and economic analysis and synthesis, as well as specific methods for assessing the state of the strategy for the development of light industry, on the basis of which strategic directions for the development of light industry in the Republic of Kazakhstan were developed.

Ключевые слова: легкая промышленность, устойчивое развитие, стратегия, индикаторы устойчивого развития, стратегические мероприятия, Республика Казахстан.

Keywords: light industry, sustainable development, strategy, indicators of sustainable development, strategic measures, the Republic of Kazakhstan.

Введение

Вопросы обеспечения устойчивого развития в большей степени нашли распространение на уровне мировой или национальной экономики. Вместе с тем требуют решения проблемы обеспечения устойчивого развития отдельных отраслей экономики, в том числе легкой промышленности.

Промышленность Республики Казахстан является ведущей отраслью экономики, на долю которой приходится 27% ВВП страны. Одной из основных проблем расширенного воспроизводства отечественного промышленного комплекса является обеспечение устойчивого развития важнейших отраслей промышленности в целях укрепления конкурентных позиций страны. Во многих странах мира легкая промышленность выступает основной отраслью промышленности, формируя большую часть доходов государственного бюджета и выступая катализатором экономического развития. В СССР легкая промышленность выступала одним из драйверов экономического развития. За годы независимости в Казахстане отрасль сильно потеряла свои позиции, что требует незамедлительной разработки и реализации стратегии ее устойчивого развития.

Среди проблем развития отечественной легкой промышленности можно выделить следующие:

1. Преобладание на рынке продукции легкой промышленности товаров импортного производства.

2. Нарушение взаимосвязей между сырьевой базой и обрабатывающими предприятиями, отсутствие заготовительных центров, которые обеспечивали бы перерабатывающие предприятия отечественным сырьем.

Основным видом сырья отечественной легкой промышленности является хлопок, предложение которого сильно ориентиро-

вано на экспорт и зависит от конъюнктуры мирового рынка [1]. С другой стороны, производство хлопка чувствительно к вредителям и погодным условиям. Учитывая зависимость хлопка от воды, отметим, что прогнозы в части изменения климата играют ключевую роль. За последнее десятилетие в некоторых странах рост урожайности происходил медленно. Улучшения в генетике и усиленные методы борьбы с вредителями могут привести к более высокому росту урожайности [2]. Однако для разработки и внедрения таких инноваций требуется время, а в случае с генетически модифицированным хлопком они иногда вызывают споры.

3. Техническая отсталость и высокая степень износа основных фондов отечественного производства.

4. Минимальный валовой приток иностранных инвестиций в легкую промышленность Казахстана в масштабах как обрабатывающей промышленности, так и экономики в целом: легкая промышленность в 2020 году привлекла 1,1 млн долл. прямых иностранных инвестиций, что равно 0,01% от всего валового притока ПИИ в РК и 0,3% от ПИИ в обрабатывающую промышленность.

5. Наличие «серых» схем импорта продукции легкой промышленности [3].

Указанные проблемы требуют первоочередного решения. Этому во многом может способствовать разработка стратегии устойчивого развития легкой промышленности страны.

Методы исследования

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

расли Республики Казахстан из официального сайта.

Результаты и обсуждения

Для измерения уровня устойчивого развития используются разнородные, не аддитивные и не соразмерные показатели, с которыми нельзя осуществлять арифметические операции, в том числе и в ситуации, когда эти показатели нормированы и приведены к условно безразмерному виду, то есть к условным долям, за которыми стоят те или иные физически разнородные величины [4].

Реализация политики устойчивого развития в Казахстане на уровне отрасли обусловлена рядом факторов:

- во-первых, Казахстан приступил к реализации концепции устойчивого развития гораздо позднее развитых стран Европы и Америки;

- во-вторых, многие отрасли казахстанской экономики, особенно текстильная промышленность, менее технологически развиты, что влечет за собой отставание в экономической и экологической сфере;

- в-третьих, ввиду более позднего перехода к стратегии устойчивого развития казахстанские отрасли экономики могут использовать опыт передовых стран по реализации стратегии устойчивого развития.

Производственный сектор всегда был ключевым фактором экономического роста в развивающихся странах. На ранней стадии развитие производства может открыть этим странам возможности стремительного и всеохватывающего роста. Конкурентоспособный уровень заработной платы в странах с низким уровнем дохода дает им явное преимущество в развитии трудоемких отраслей, которые могут создавать большое количество рабочих мест. Успешное развитие трудоемких отраслей создает основу для индустриализации, поскольку наращивание экспорта, увеличение объемов доходов и потребления стимулируют инвестиции в образование, инфраструктуру, научные исследования и разработки [5]. Это может способствовать развитию более ценных и технологически сложных отраслей и обеспечению устойчивого и ускоренного развития промышленности даже после потери преимущества в стоимости рабочей силы.

Некоторыми авторами разработаны системы показателей устойчивости, применяемые к различным отраслям. А. Azaragic рассматривает устойчивость в контексте промышленного развития. Он разработал систему показателей устойчивости для горнодобывающей промышленности. Индикаторы (отраслевые показатели, отражающие характеристики отрасли) были разработаны специально для отраслей, добывающих металлические, строительные, энергетические и другие промышленные полезные ископаемые [6]. Его система оценки включает экономические, экологические, социальные и интегрированные индикаторы, которые могут использоваться как для внутренних целей развития отрасли, так и для определения проблемных аспектов развития промышленности территории, принятия решений органами власти. Автор в своем исследовании ставил цель – изучить взаимодействие отраслевых ведомств с заинтересованными сторонами (территориальными органами власти, руководством предприятий других отраслей и т.д.), стандартизировать корпоративные отчеты и провести сравнение уровней устойчивости отраслей промышленности и их предприятий. Вместе с тем разработанная Adisa Azaragic структура показателей совместима с общими индикаторами устойчивости, предложенными Глобальной инициативой по отчетности (Global Reporting Initiative, GRI) [7].

На наш взгляд, устойчивое развитие отраслей экономики, и в частности легкой промышленности, следует рассматривать с позиций системного подхода, который положен в основу исследования и позволяет рассматривать устойчивость развития отрасли как сложную, открытую, динамическую и многоуровневую систему, включающую основную и обеспечивающую подсистемы, находящиеся под влиянием факторов внешней среды.

Основу устойчивости отрасли составляет устойчивое развитие ее предприятий. Составляющими основной подсистемы устойчивого развития легкой промышленности следует считать структурную, производственную, экономическую, социальную

и экологическую составляющие, состоящие, в свою очередь, из ряда факторов [8]. Функционирование основной подсистемы невозможно без обеспечивающей подсистемы, включающей информационное, аналитическое, методологическое и нормативно-правовое обеспечение.

Учитывая мировой опыт, следует отметить, что индикаторы устойчивого развития должны удовлетворять следующим критериям:

- применяться на разных уровнях (национальном, региональном, отраслевом и т.д.);
- соответствовать действующим особенностям принятия решений;
- быть репрезентативными для международных сопоставлений;
- иметь ограниченное число и др. [9]

Поскольку показатели устойчивого развития, особенно отрасли, не определены в полной мере, основываясь на системе устойчивого развития легкой промышленности, представим основные индикаторы устойчивого развития легкой промышленности (табл. 1).

Рассмотренные показатели не являются застывшей парадигмой, могут и должны подвергаться периодическому пересмотру. Они должны быть адаптированы для задач конкретной отрасли промышленности по поводу оценки устойчивого развития, учитывать ее специфику посредством корректировки перечня показателей.

Однако только после анализа данных показателей возможна разработка стратегических направлений развития легкой промышленности Казахстана (рис. 1).

Т а б л и ц а 1

	Основные индикаторы
1. Структурная составляющая	Доля подотраслей легкой промышленности, %
2. Экономическая составляющая	<p>1. Выпуск продукции:</p> <ul style="list-style-type: none"> - объем промышленного производства (в натуральном и стоимостном выражении); - индекс физического объема производства, %; - доля отрасли в объеме продукции обрабатывающей промышленности и в объеме ВВП, %; - число предприятий в отрасли; - производительность труда. <p>2. Внешнеэкономическая деятельность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - экспорт продукции легкой промышленности, млн долл. США; - импорт продукции легкой промышленности, млн долл. США; - степень удовлетворенности спроса за счет отечественной продукции, %; - доля импорта в потреблении продукции легкой промышленности, %. <p>3. Инвестиционно-инновационная активность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - объем инвестиций в отрасль. <p>4. Финансовые результаты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - прибыль предприятий отрасли; - рентабельность предприятий отрасли, %.
3. Социальная составляющая	<p>Средний размер заработной платы в отрасли.</p> <p>Средняя заработная плата в отрасли по отношению к средней заработной плате в стране.</p> <p>Численность работающих в отрасли, чел.</p> <p>Доля занятых в легкой промышленности от общего числа занятых в промышленности, %.</p>
4. Экологическая составляющая	<p>Выход отходов на 1 тонну готовой продукции.</p> <p>Показатели загрязнения окружающей среды от предприятий легкой промышленности</p>

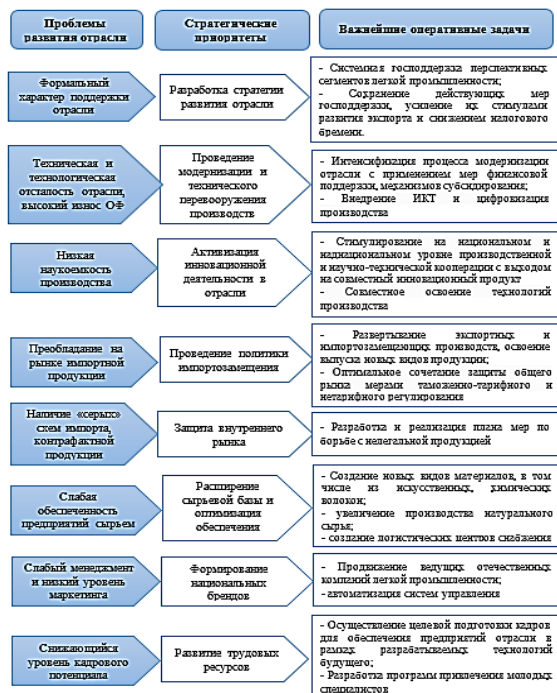


Рис. 1

Господдержка экспортоориентированных производителей может стимулировать появление в ближайшее десятилетие 5–10 компаний-лидеров [10], которые смогут выстроить вокруг себя кластер, включающий производство отдельных видов сырья и фурнитуры, а также модернизировать систему подготовки кадров.

Производство высокотехнологичных тканей и волокон в Казахстане на сегодняшний день имеет большое значение для развития легкой промышленности [11]. Перспективными сегментами развития легкой промышленности, на наш взгляд, являются:

новые текстильные материалы, изделия нового поколения и технологии их изготовления для решения проблем экологии и безопасности народного хозяйства в приоритетных отраслях (космос, энергетика, оборонный комплекс, дорожное хозяйство) и жизнедеятельности человека;

новые технологии модифицирования и отделки натуральных и синтетических волоконистых материалов с использованием наноструктур для придания изделиям новых уникальных свойств;

новые технологии, материалы и средства создания текстильных и швейных изделий широкого потребления, направленные

на повышение их качества и конкурентоспособности.

ВЫВОДЫ

Несмотря на наличие множества проблем казахстанская легкая промышленность имеет большие возможности для дальнейшего развития, связанные прежде всего с объединением усилий в рамках интеграции с другими странами. В этой связи необходимы соответствующие стратегические мероприятия:

- разработка стратегии развития отрасли;
- проведение модернизации и технического перевооружения производств;
- активизация инновационной деятельности в отрасли, развитие науки и инноваций;
- защита внутреннего рынка от нелегальной контрафактной продукции;
- расширение сырьевой базы за счет создания новых видов материалов, использование как натуральных, так и химических волокон, оптимизация обеспечения сырьем, фурнитурой предприятий легкой промышленности;
- формирование национальных брендов и помощь со стороны государства в их продвижении;
- обеспечение отрасли квалифицированными кадровыми ресурсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дадабаев Ш.Т.* Перспективы развития текстильной промышленности в Таджикистане // Вестник Таджикского технического университета. 2013. № 1. С. 87...90.
2. *Баймухаметова Э.А.* Хлопчатник: особенности культуры, перспективы создания трансгенных отечественных сортов и их выращивания в России // Биомика. 2016. Т. 8. № 3. С. 275...288.
3. *Турсуналиева Д.М., Донченко О.А.* Цифровая маркировка товаров легкой промышленности на рынках ЕАЭС // Актуальные проблемы теории и практики таможенного дела в условиях международной экономической интеграции: материалы междунар. науч.-практ. конф. Респ. Беларусь, Минск, 20 марта 2019 г. Минск: БГУ, 2019. С. 141..146.
4. *Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф.* Система естественнонаучных индикаторов устойчивого инновационного развития на примере России и Республики Казахстан // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление: электронное научное

издание. 2016. Т. 12, № 2 (31). С. 67...88. pravlenie.ru/wp-content/uploads/2016/04/05-Bolshakov_Shamaeva.pdf

5. *Гусев М.С.* Импортзамещение как стратегия экономического развития // Проблемы прогнозирования. 2016. № 2 (155). С. 30...43.

6. *Azapagic, A.* (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry, In *Journal of Cleaner Production*, 12, 639–662. DOI: 10.1016/S0959-6526(03)00075-1.

7. *Пашигорева Г.И., Косоногова Е.С.* Отчетность об устойчивом развитии (GRI): концепция развития // Россия и Санкт-Петербург: экономика и образование в XXI веке. СПб.: СПбГЭУ, 2016. С. 51...53.

8. *Дурру Д.К., Есиркепова А.М., Парманова Р.С., Дуйсембекова Г.Р., Дурру О.* Развитие институциональной системы поддержки предприятий текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 1. С. 75...82.

9. Устойчивое развитие территорий Алтайского края: социально-экономические и пространственные аспекты: кол. монография / науч. ред. А.Я. Троцкий. Барнаул, 2013. 330 с.

10. *Животовская И.Г.* ТНК, новые производственные системы и глобализация промышленного производства на рубеже веков // Новые производственные системы и региональные аспекты глобализации. М., 2014. С. 11...60.

11. *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 // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 1. С. 112...119.

REFERENCES

1. *Dadabaev Sh.T.* Prospects for the development of the textile industry in Tajikistan // *Vestnik Tadzhijskogo tehnikeskogo universiteta*. 2013. № 1. P. 87...90.

2. *Vajmuhametova Je.A.* Cotton: characteristics of the crop, prospects for the creation of transgenic domestic varieties and their cultivation in Russia // *Biomika*. 2016. Т. 8. № 3. P. 275...288.

3. *Tursunaliyeva D.M., Donchenko O.A.* Digital labeling of light industry goods in the EAEU markets //

Aktual'nye problemy teorii i praktiki tamozhennogo dela v usloviyah mezhdunarodnoj ekonomicheskoy integracii: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Resp. Belarus'. Minsk: BGU, 2019.

4. *Bol'shakov B.E., Shamaeva E.F.* System of natural science indicators of sustainable innovative development using the example of Russia and the Republic of Kazakhstan // *Ustojchivoe innovacionnoe razvitiye: proektirovanie i upravlenie: jelektronnoe nauchnoe izdanie*. 2016. Т. 12, № 2 (31), st. 5. pravlenie.ru/wp-content/uploads/2016/04/05-Bolshakov_Shamaeva.pdf

5. *Gusev M.S.* Import substitution as a strategy for economic development // *Problemy prognozirovaniya*. 2016. № 2 (155). P. 30...43.

6. *Azapagic, A.* (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry, In *Journal of Cleaner Production*, 12, 639–662. DOI: 10.1016/S0959-6526(03)00075-1.

7. *Pashigoreva G.I., Kosonogova E.S.* Sustainability reporting (GRI): development concept // *Rossija i Sankt-Peterburg: jekonomika i obrazovanie v XXI veke*. SPb., 2016. P. 51-53.

8. *Durru D.K., Yessirkepova A.M., Parmanova R.S., Duisembekova G.R., Durru O.* The development of institutional support system for the textile industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. Iss.1. P. 75...82.

9. Sustainable development of the territories of the Altai Territory: socio-economic and spatial aspects: collective monograph / науч. ред. А.Я.Троцкий. Барнаул, 2013. 330 с.

10. *Zhivotovskaja I.G.* TNCs, new production systems and the globalization of industrial production at the turn of the century // *Novye proizvodstvennyye sistemy i regional'nye aspekty globalizacii*. М., 2014. P. 11...60.

11. *Yessirkepova A.M., Imanbayev A.A., Тайбек Ж.К., Erkebalayeva V.Z., Isayeva G.K.* Priority market niches in the world market for production of light industry of the Republic of Kazakhstan // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. Iss.1. P. 112...119.

Рекомендована кафедрой экономики Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова. Поступила 18.04.23.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА

ECONOMIC AND INSTITUTIONAL PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT OF THE TEXTILE INDUSTRY OF KAZAKHSTAN

A.T. МЕРГЕНБАЕВА, К.К. НУРАШЕВА, Д.А. КУЛАНОВА, Г.И. АБДИКЕРИМОВА

A.T. MERGENBAYEVA, K.K. NURASHEVA, D.A. KULANOVA, G.I. ABDIKERIMOVA

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

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

E-mail: nurasheva@mail.ru

В статье рассматриваются экономические и институциональные проблемы хлопковой отрасли Казахстана. Показано, что производство медленно развивается, внутренний рынок наполнен импортными товарами, меры государственного регулирования недостаточны. Рассматриваются меры государственной поддержки отрасли. Авторы показали конкурентные преимущества отрасли и пути выхода из кризисной ситуации. Предлагаются действенные рычаги регулирования и стимулирования отрасли.

The article deals with the economic and institutional problems of the cotton industry in Kazakhstan. It is shown that production is slowly developing, the domestic market is filled with imported goods, and state regulation measures are insufficient. Measures of state support for the industry are considered. The authors showed the competitive advantages of the industry and ways out of the crisis. Effective levers of regulation and stimulation of the industry are proposed.

Ключевые слова: отраслевые проблемы, законодательная основа, рыночные инструменты регулирования текстильной индустрии.

Keywords: industry problems, legislative framework, market instruments for regulating the textile industry.

Производство текстильной продукции относится к отрасли с высокой добавленной стоимостью, продукт которой отличается высоким спросом у населения, поэтому ее развитие напрямую повышает конкурентоспособность страны и благосостояние граждан. Отрасль имеет большую социальную значимость, обеспечивая высокую занятость населения, в основном женщин. Несмотря на значительные инвестиции текстильная промышленность Казахстана не получила должного развития.

Отрасль, некогда формировавшая до 30% бюджета страны, в настоящее время

испытывает серьезные трудности. Переработка хлопка в пряжу к уровню 1991 г. составляет 29%, в ткань – 11%, чулочно-носочные изделия – 1,4%. Сегодня доля текстильных и швейных изделий в объеме ВВП страны составляет всего 0,5%. В Германии и США доля этой отрасли достигает 9%, в Турции и Китае – 12%, а в Индии – свыше 16% ВВП [1]. В настоящее время доля отечественного текстиля составляет 7,3%, импортная продукция – 92,7%. При этом 80% рынка составляет нелегально завезенный импорт [1, 2].

В течение ряда лет происходило снижение доли текстильной продукции в объеме промышленного производства страны, что было связано с интенсивным экспортом хлопка из-за благоприятных мировых цен и высокими затратами при внутреннем производстве текстиля. В итоге отечественный товаропроизводитель был вытеснен с потребительского рынка дешевым импортом. Постепенно текстильные предприятия прекратили работу (перепрофилирование, санация, ликвидация, банкротство).

В Казахстане всего 30 предприятий легкой промышленности выходят на внешний рынок. Около 10% объема легкой промышленности идет на экспорт. Основными статьями экспорта являются хлопковое волокно, текстильные материалы, пропитанные, с покрытием или дублированные пластмассами, постельное белье.

В производстве продукции легкой промышленности основная доля приходится на текстильное производство – 53%, далее производство одежды – 37%, производство кожаной и относящейся к ней продукции – 10% [2]. Причина высокого спроса на импортную продукцию – низкая цена. Сегодня отечественные производители не могут конкурировать с зарубежными компаниями. Дело в том, что у отечественных предприятий есть потребность в сырье определенного качества, которое не производится в Казахстане. Тем самым конечный продукт становится дороже. «Мы многое потеряли, когда вошли в ВТО, – говорит президент Ассоциации предприятий легкой промышленности Н. Ахшабаева, – Пряжу покупаем за границей, но шерсть для нее зарубежные страны покупают в Казахстане» [3].

Чтобы переломить ситуацию, на юге страны был образован текстильный кластер. Идея заключалась в быстром восстановлении всех звеньев цепи – от выращивания хлопка до пошива одежды. Для этого имелись все условия: сырьевая база и перерабатывающие предприятия расположены компактно – на территории одной области. Объемы волокна достаточны для полной загрузки всех технологических переделов.

Всего в легкой промышленности страны 984 предприятия, из них 58% составляют швейные фабрики, 31% – производство текстильных изделий, 11% – производство кожи и обуви. Хотя значительные объемы импорта создают конкуренцию отечественным товарам, объем импорта за последние два года снижается, а экспорт растет. В 2021 году экспорт текстиля возрос на 19,1%, а импорт снизился на 19,6% [4].

Правительство страны ежегодно выделяет бюджетные средства на оказание сервисной поддержки. В 2021 г. такие меры оказаны 16 компаниям легкой промышленности. Это возмещение затрат, связанных с участием в торговых миссиях, выставках, форумах, затрат на рекламу, аренду помещений, складов, сертификацию.

Кроме того, Министерством торговли и интеграции предусмотрено возмещение до 50% транспортных затрат компаниям, поставляющим обработанные товары на экспорт. Данный механизм позволяет казахстанским экспортерам снизить себестоимость продукции до 10%, а также расширить географию экспорта и номенклатуру товаров.

С 2020 г. запущена программа экспортной акселерации, направленная на сопровождение предприятий от производства до полок магазинов зарубежных стран. Вместе с тем проблемы и трудности отрасли пока не исчерпаны. Так, развитию текстильной индустрии мешают: нехватка высоких технологий в производстве готовых изделий; неразвитая инфраструктура в аграрном секторе и легкой промышленности; слабое использование финансовых инструментов (страхование рисков, формы инвестирования, лизинг техники, выпуск ценных бумаг и др.); отсутствие квалифицированных кадров, отвечающих современным требованиям, – не только рабочих, швей, портных, но и технических работников высшего и среднего звена.

Вместе с тем хлопковая отрасль характеризуется низкой рентабельностью – около 6%, она возрастает до 25-35% только в швейном переделе, поэтому следует тщательно продумать цепочку добавленной

стоимости. В этих условиях необходимо найти источники инвестиций либо обратиться в банки за кредитом. Но условия займа в Казахстане всегда были невыгодными. Так, сегодня цена финансирования предприятий коммерческими банками составляет примерно 15-17%, в то время как ставка вознаграждения по займам, например, в Китае – 6%, в Индии – 12%, Италии – 4,3%, Турции – 10,9% [5]. Кроме того, во многих странах используется льготное финансирование в рамках государственной поддержки отрасли.

В полной цепочке создания стоимости, как правило, доминирующая роль отводится организациям торговли, которые формируют предпочтения и вкусы покупателей, скупают оптом товар и тем самым определяют спрос на конечную продукцию. Пока говорить о полной цепочке в Казахстане не приходится, так как на отделке ткани цепочка обрывается, потому что при производстве текстильных изделий конечного потребления и одежды используется импортный исходный материал. Только теперь планируется начать печатное производство, что позволит иметь законченный цикл по производству и отделке хлопчатобумажной ткани.

Хлопчатник – уникальное растение и одна из немногих культур, все компоненты которой представляют собой ценное сырье. На основе хлопка получают пряжу, ткани, канаты, веревки, вату, искусственный шелк, транспортерные ленты. В целом из хлопка можно получить около 200 видов различных продуктов и материалов [6].

Качество хлопкового волокна характеризуется такими показателями, как влажность, сорт, длина волокна, тонины или метрический метр и разрывная длина волокна. Семена хлопчатника являются сырьем для производства растительных масел, преобразователей ржавчины для нужд машиностроения, растворов для бурения в нефтедобыче, лекарственных препаратов, кормов для животных и др. В настоящее время производителями хлопка-сырца являются около 50 тыс. крестьянских и фермерских хозяйств Южно-Казахстанской области, на их долю приходится почти 90% всех посевов. В области функционируют 7 элитно-семеноводческих хозяйств и 19 хозяйств по размножению семян второй и третьей репродукции [4, 6].

В ходе приватизации и разгосударствления предприятий элитные участки и семеноводческие хозяйства были разделены на мелкие хозяйства площадью 2-3 гектара. Сельскохозяйственную технику, лабораторное оборудование распределили по полям. Теперь при ограниченности средств хозяйства редко проводят агротехнические мероприятия и севооборот, обработку полей химикатами.

На необрабатываемых участках распространяются сорняки, вредные насекомые, нанося ущерб соседним участкам. Крестьяне экономят на качественных семенах, промывке полей и удобрениях [5]. Так как существует «фиксированный хлопковый налог», крестьяне вынуждены отказаться от севооборота и ежегодного выращивания хлопка. Сохраняется ручной труд, раздробленность крестьянских хозяйств (проблемы обозначены в табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Аграрное производство	Текстильное производство	Общие региональные проблемы
Экстенсивное земледелие	Недостаточное использование существующих мощностей по первичной переработке хлопка-сырца (66,5%)	Низкая обновляемость основного капитала
		Низкая производительность труда
Разрозненность мелких хозяйств	Низкое использование хлопка-сырца, волокна хлопкового (не вырабатываются многие ценные продукты)	Отсутствие собственных финансовых средств для расширенного воспроизводства
Недобросовестная конкуренция	Высокая доля экспорта волокна – продукта первичной переработки хлопка-сырца (более 90% вывозится за пределы региона)	Низкая инвестиционная активность региональных финансовых институтов

Производителей хлопка-сырца в основном финансируют хлопкоперерабатывающие заводы. Весной нужны деньги на посев (ГСМ, заработная плата, семена); летом – на химические средства защиты растений против насекомых и сорняков; осенью – на уборку урожая, закладку семян. Осенью аграрии возвращают деньги собранным урожаем. В результате производители хлопка-сырца остаются в убытках по сравнению с владельцами заводов. Переработчики хлопка-сырца являются монополистами, диктуют закупочные цены. Аграрии считают кредиты дорогими, землю в залог не берут (земельные отношения не развиты).

Существуют некоторые вполне устранимые проблемы, например, слабая маркетинговая деятельность предприятий. В качестве значимых факторов следует отметить следующие: близки потенциальные хлопковые «доноры» – Узбекистан, Таджикистан, Туркменистан; Казахстан находится в «кольце» емких рынков сбыта: китайского, российского и центрально-азиатского; потребности Азиатско-Тихоокеанского региона в хлопчатобумажной пряже оцениваются в 16,5 млн т, Европы – 1,6 млн т, стран СНГ – 600 тыс. т. Удачное природно-географическое расположение транзитной территории дополняют вышеуказанные преимущества [7].

Исходя из нормы потребительской корзины по товарам, входящим в прожиточный минимум, нами оценена текущая обеспеченность населения региона: 1) спрос в постельных принадлежностях практически полностью удовлетворяется за счет импорта, выпускает продукцию только АО «Меланж»; 2) дефицит в нижнем белье составляет 80%; 3) по чулочно-носочным изделиям дефицит составляет 95%, тогда как в 1991 г. в г. Чимкенте фабрикой «Восход» производилось 33 млн пар, покрывалась потребность всей страны. В свете этого даны предложения местным властям по созданию инновационной корпоративной структуры на основе текстильного кластера, об этом авторы писали в статье [8].

Чтобы переломить сложившуюся ситуацию, авторы внесли предложение руководству региона запустить хлопковый вексель,

чтобы вовлечь в оборот денежные средства предприятий кластера и смежных компаний. Полагаем, что перспективу имеет интеграция на финансовой основе всех звеньев – от выращивания хлопка, его переработки до производства пряжи, тканей, текстильных изделий, включая взаимодополняющие производства. Взаимодействие предприятий региона на основе хлопкового векселя позволит упорядочить денежные и товарные потоки, наладить тесные связи производителей и переработчиков хлопка с предприятиями смежных отраслей, бизнес-структурами и другими учреждениями. За семена, воду и ГСМ производители хлопка-сырца смогут рассчитаться векселем. Для того чтобы данная схема движения векселя работала эффективно, имеются все предпосылки: выращивание и переработка хлопка компактно сосредоточены в одном регионе; в отрасли сложился класс собственников, которые хотели бы сотрудничать в рамках нового механизма движения товарных и финансовых потоков; формируется инфраструктура поддержки бизнеса; органы местной власти заинтересованы в инновационном развитии региона, готовы к диалогу с предпринимателями на условиях партнерства.

Закон Республики Казахстан «О развитии хлопковой отрасли» от 21 июля 2007 года № 298 перестал действовать с 2022 г. [9]. Предложение об утрате этого закона было инициировано депутатами Парламента. Фактически закон сделал хлопковую отрасль "рисковой" и непривлекательной для инвестиций, излишне зарегулировал хлопковую отрасль и ввел ненужные административные барьеры и ограничения на залоговые основные средства. Как следствие, снизился приток инвестиций в хлопководство, практически разрушилось кредитование отрасли. Если к моменту принятия закона в 2007 году отечественные банки кредитовали хлопковую отрасль более чем на \$200 млн в год, то уже спустя два года они практически прекратили давать займы хлопковым компаниям. В результате фермеры-хлопководы были вынуждены сократить посевные площади. Количество хлопка-сырца и его качество резко снизились.

Для хлопкоробов страны сбыт на товарных рынках других стран пока остается более предпочтительным, о чем свидетельствуют растущие объемы экспорта хлопка из Казахстана [3, 4]. В настоящее время около 90% средневолокнистого хлопка идет на экспорт, то есть основного сырья у нас переизбыток. Вместе с тем доля длинноволокнистого хлопка не так велика, так как на территории страны он плохо произрастает из-за нехватки солнечного света. Поэтому длинноволокнистый хлопок все равно придется закупать у стран-производителей хлопка [6].

Сегодня за каждый гектар выращенного хлопка земледельцы получают от государства субсидии в размере 35 тысяч тенге (примерно 7 тыс. руб.), однако этого мало. Местные власти и депутаты не раз предлагали мелким товаропроизводителям объединиться в кооперативы. Принятый в 2015 году закон «О сельскохозяйственных кооперативах» предусматривает меры государственной поддержки при создании крупных хозяйств, льготы по налогам, кредитам, лизингу сельхозтехники [10]. Хотя закон действует уже несколько лет, проблемы укрупнения хозяйств, повышения их конкурентоспособности и эффективности пока не решены. Массовое создание сельхозкооперативов после принятия упомянутого закона существенно не повлияло на инновационный подъем отрасли. Мелкие хозяйства по-прежнему производят кустарную сельхозпродукцию, имеющийся скот в основном не племенной, используется домашний труд и устаревшая техника.

Новая индустриально-инновационная политика правительства страны призвана решить указанные проблемы запуском Государственной программы индустриально-инновационного развития РК на 2019-2025 годы, в которой предусматривается ликвидация сырьевой направленности экономики, преодоление ее зависимости от импорта, создание условий для производства конкурентных видов продукции. Для этого есть ряд преимуществ: значительные объемы свободных производственных мощностей, позволяющих запустить производство новых видов продукции; наличие дешевой

рабочей силы, обладающей относительно высоким уровнем квалификации; достоинства транзитной территории. Все зависит от политики властей, стимулирующих мер. Создан проектный офис «Экономика простых вещей», на территории специальной экономической зоны «Оңтүстік» началось строительство современных текстильных производств.

ВЫВОДЫ

Необходимо запустить рычаги регулирования и стимулирования отрасли:

1. Придать хлопку статус стратегического товара, чтобы ограничить его экспорт.

2. Сделать более привлекательным и доступным кредитный ресурс за счет субсидирования не только выращивания хлопка, но и его переработки.

3. Внедрить рыночные инструменты – инвестиционные субсидии, страхование и гарантирование займов, обязательное страхование в растениеводстве, субсидирование ставок по лизингу.

4. Ввести специальный налоговый режим, повышающий заинтересованность хлопкоробов, взамен действующей 70%-ной льготы по земельному налогу, чтобы стимулировать крестьян эффективно использовать земли. Не увеличивая налоговую нагрузку, предлагается освобождать от налогов на транспорт, имущество и оплаты за эмиссию в окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тенденции развития легкой промышленности. АО Центр развития торговой политики 'QazTrade' QazTrade © 2020. – <https://qaztrade.org.kz/rus/tendenczii-razvitiya-legkoj-promyshlen/>

2. Экономика Казахстана 2023. Цифры, анализ, прогнозы. – <https://marketingcenter.kz/20/economy-kazakhstan.html>

3. Толькбекова А. Состояние развития легкой промышленности Казахстана. – <http://kidi.gov.kz/public/publications/482>

4. Обзор состояния легкой промышленности Казахстана: импортозамещение, экспорт и господдержка. <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/obzorsostoyaniya-legkoy-promyshlennosti-kazahstana-importozameshchenie-eksport-i-gospodderzhka>

5. Мамырханова М. Что не дает развиваться легкой промышленности в Казахстане?

<https://www.kursiv.kz/news/kompanii1/cto-ne-daet-razvivatsa-legkoj-promyslennosti-v-RK>

6. *Нурашева К.К., Сейсенбаева Ж.М.* Институциональные и экономические проблемы развития хлопковой отрасли Казахстана // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3(405). С. 59...67.

7. <http://investkz.com/articles/2287.html>

8. *Мергенбаева А.Т., Нурашева К.К., Куланова Д.А., Абдикеримова Г.И.* Экономический механизм взаимодействия предприятий региона на основе текстильного кластера // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №1(379). С. 131...135.

9. <https://kapital.kz/gosudarstvo/92425/prezident-podpisal-zakon-po-razvitiyu-khlopkovoy-otrasli.html>

10. Закон Республики Казахстан от 29 октября 2015 года № 372-V «О сельскохозяйственных кооперативах».

REFERENCES

1. <https://qaztrade.org.kz/rus/tendenczii-razvitiya-legkoj-promyshlen/>

2. <https://marketingcenter.kz/20/economy-kazakhstan.html>

3. *Tolykbekova A.* <http://kidi.gov.kz/public/publications/482>

4. <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/obzor-sostoyaniya-legkoy-promyshlennosti-kazahstana-importo-zameshchenie-eksport-i-gospodderzhka>

5. *Mamyrkhanova M.* – <https://www.kursiv.kz/news/kompanii1/cto-ne-daet-razvivatsa-legkoj-promyslennosti-v-RK>

6. *Nurasheva K.K., Seisenbayeva ZH.M.* Institutional and economic problems of the development of the cotton industry in Kazakhstan // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No 3(405). P. 59-67.

7. <http://investkz.com/articles/2287.html>

8. *Mergenbayeva A.T., Nurashova K.K., Kulanova D.A., Abdikerimova G.I.* The economic mechanism of interaction of the enterprises of the region on the basis of the textile cluster // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. №1(379). С. 131-135.

9. <https://kapital.kz/gosudarstvo/92425/prezident-podpisal-zakon-po-razvitiyu-khlopkovoy-otrasli.html>

10. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=32656089&pos=3;-108#pos=3;-108

Рекомендована кафедрой международного туризма и сервиса Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова. Поступила 18.04.23.

**РАЗВИТИЕ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПЕРСОНАЛА
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
НА ЭТАПЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ**

**DEVELOPMENT OF THE LABOR POTENTIAL
OF TEXTILE INDUSTRY PERSONNEL
AT THE STAGE OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ECONOMY**

Н.Ю. КАУФМАН, Н.Р. ХАДАСЕВИЧ, И.В. СЕРГЕЕВА, М.И. ИМАМВЕРДИЕВА, А.А. ГАРДТ

N.Y. KAUFMAN, N.R. HADASEVICH, I.V. SERGEEVA, M.I. IMAMVERDIEVA, A.A. GARDT

(Сургутский государственный университет)

(Surgut State University)

E-mail: ntlrus@gmail.com

В статье определена проблема неэффективного развития трудового потенциала персонала в отраслях текстильной промышленности. Исследованы понятия цифровизации, цифровой трансформации, трудового потенциала и сделаны выводы о необходимом развитии трудового потенциала в организации, на который в настоящее время оказывают влияние процессы цифровизации. Авторами предложены инструменты развития персонала с целью повышения трудового потенциала в условиях конкурентоспособности организации, такие, как хьютагогика, джоб-крафтинг, двойная петля обучения.

The article considers the problem of the development of labor potential in modern conditions. The problem of inefficient development of the labor potential of personnel in the textile industry is determined. The concepts of digitalization, digital transformation, labor potential, personnel development are investigated and conclusions about the necessary development of labor potential in the organization are drawn, which is currently influenced by the processes of digitalization. The authors propose tools for personnel development in order to increase the labor potential in the conditions of the competitiveness of the organization, such as hyutagogics, job crafting, double loop training.

Ключевые слова: текстильная промышленность, трудовой потенциал, персонал, развитие, самообучение, цифровизация, хьютагогика, джоб-крафтинг, двойная петля обучения.

Keywords: textile industry, labor potential, personnel, development, self-learning, digitalization, hyutagogics, job crafting, double learning loop.

Введение

В современном мире ускоренного научно-технического прогресса, формирования и внедрения диджитализации, неэкономии и прочих новых процессов организационные решения и бизнес-процессы также проходят свой трансформационный

путь, меняя знания и навыки персонала любой организации независимо от формы собственности.

Развитие цифровых технологий в общемировом масштабе постепенно охватывает все сферы экономики и бизнес-процессы, формируя новые подходы к управлению,

новые инструменты и модели. Чтобы не отставать от экономической реальности, каждая отрасль вынуждена перестраиваться в цифровой среде, все больше закрепляя в рабочих процессах цифровые платформы, блокчейн, интернет вещей (IoT, Internet of Things) и прочее как в производстве, так и во многих управленческих функциях.

Особенность HR-управления настоящего периода заключается в том, что для эффективной реализации кадровых процессов заимствуются инструменты разных направлений в управлении организацией.

Постановка проблемы

В настоящее время цифровизация охватила также и легкую промышленность. Трансформация бизнес-процессов этой отрасли связана с автоматизацией и внедрением инновационных технологий, роботизацией, аналитикой больших данных, интернетом вещей (IoT, Internet of Things), искусственным интеллектом и прочими видами цифровизации.

Отличие легкой промышленности от других отраслей – потребительский спрос, быстро меняющийся модельный ряд и соответственно ассортимент, так как мода в последние годы достаточно быстро пополняется новыми трендами, и скорость для данной отрасли – это явное преимущество в конкуренции на рынке. Текстильная отрасль составляет около 70% легкой промышленности. Текстильная индустрия производит и поставляет сырье для других отраслей: обувной, швейной, пищевой и машиностроительной.

Еще в XVIII веке на текстильную промышленность оказал значительное влияние первый технологический уклад, так как появление текстильных станков дало дальнейшее развитие и изменение технологических процессов [1].

Индустриальная революция «Индустрия 4.0» бросает вызов текстильным компаниям, т.к. цифровые технологии ускоряют многие процедуры производства и дальнейшей обработки продукции. Рутинные ручные операции при замене их автоматизированными процессами будут более эффективными и надежными, а управлен-

ческие и кадровые процессы получают новое прочтение [2].

Понятие «трудовой потенциал» появилось в науке (экономической литературе) и средствах массовой информации в 70-е годы прошлого века, а в научный оборот вошло в 80-е годы. Проблема формирования трудового потенциала на уровне организации существует много лет, так как от его характеристик зависит конкурентоспособность в системе экономических отношений.

Что касается трудового потенциала в организациях легкой промышленности, он был сформирован еще в системе образования советских времен, когда в приоритете было инженерное образование и формальное выполнение намеченных показателей плана, что способствовало отсутствию стремления выйти на новый уровень.

Трудовой потенциал в условиях цифровой трансформации экономических процессов формируется на фундаменте творческой активности, включенности в развитие цифровых компетенций, способности работы с инновациями и профессионализма в условиях конкуренции.

Многие организации данной отрасли сталкиваются с консерватизмом и сопротивлением изменениям к переходу в новое состояние или свойством диссипативности [3]. Такая тенденция связана в первую очередь с неэффективностью развития имеющихся кадров и отсутствием мотивационных и вовлекающих в процесс формирования трудового потенциала факторов.

Цель исследования состоит в выявлении инструментов формирования трудового потенциала сотрудников текстильной промышленности в современных условиях экономического развития на этапе цифровой трансформации всех процессов.

Методы исследования

Цифровая трансформация экономических процессов формирует новые компетенции персонала, обуславливая их развитие на каждом уровне цифровой зрелости. В исследовании использованы методы контент-анализа в аспекте идентификации особенностей трудового потенциала, метод

сравнительного анализа, систематизации информации на аргументативно-дедуктивном исследовательском подходе.

Результаты и обсуждения

В программе «Цифровая экономика Российской Федерации» термин «цифровизация» рассматривается как процесс перехода всех общественных и информационных систем в цифровой формат, передача информации с помощью различных материальных носителей без потери ее точности, с возможностью копирования, сжатия и распространения [4].

Многие исследователи рассматривают понятие цифровой экономики с разных точек зрения, выделяя основное значение данного понятия. Например, по мнению Армашовой-Тельник Г.С., цифровая экономика – это производство, использующее в своей реализации цифровые компьютерные технологии [5].

Истомина Е.А. цифровую экономику рассматривает как отдельную составляющую экономических процессов, формирующуюся через совокупность финансовых вливаний (инвестиций) с целью разработки перспективных технологических решений, цифровой инфраструктуры и пространства [6].

Цифровизация – это инструмент, который ускоряет процесс коммуникации при одновременном снижении затрат и помогает организациям быть более продуктивными и работать более эффективно [7].

Цифровая экономика – экономика инновационного развития, которая формируется и развивается за счет эффективного внедрения новых технологий. Цифровая трансформация – это процесс перевода всей информационной и общественной системы в digital-формат и ее передача с помощью различных материальных носителей [8]. Конечной целью цифровой трансформации в любом производстве, в том числе текстильном, является создание интеллектуальных производственных систем.

Развитие цифровой экономики невозможно без подготовленных и постоянно обучающихся сотрудников, так как использование автоматизированных систем, компьютерных технологий в деятельности лю-

бой организации формирует их цифровые навыки и развитие соответствующих компетенций.

В современных условиях развитие трудового потенциала как сотрудника, так и самой организации является одним из конкурентных преимуществ в экономическом росте отраслей.

Трудовой потенциал – это взаимосвязь качеств сотрудника, не только физических, но и духовных, определяющих возможность и границы его участия в трудовой деятельности, способность достигать в заданных условиях определенных результатов, а также совершенствоваться в процессе труда.

По мнению Радько С.Г., трудовой потенциал показывает способность персонала применять профессиональные знания, практические навыки и личные качества в реализации целей организации и умения использовать имеющиеся ресурсы [9].

Судакова Е.С. трудовой потенциал рассматривает с точки зрения уровня включенности сотрудника в производственные процессы с учетом его квалификации, личностно-психологических характеристик и дальнейшей возможности их развития [10].

Если рассматривать трудовой потенциал с позиции организации, можно выделить такие основные его элементы, как:

- кадровая составляющая, отражающая потенциал персонала и его профессиональные и квалификационные характеристики, формирующиеся под воздействием целей и направлений деятельности организации, а также инвестиций в человеческий капитал;
- организационная составляющая, определяется уровнем знаний и компетенций руководства компании, организацией и культурой труда.

Исследования показывают, что трудовой потенциал имеет количественное и качественное значение. В условиях цифровой трансформации, охватившей экономические процессы, к количественным показателям трудового потенциала необходимо отнести процент трудоспособного населения, уровень занятости в стране и в отраслях, процент безработицы и уровень охвата трудоспособного населения цифровыми знаниями [11]. В состав качественных ха-

рактических характеристик включают уровень образования, квалификации, состояние здоровья трудоспособного населения, социальную активность, но также можно добавить компетенции цифровой грамотности в области информационных технологий цифровой экономики.

Таким образом, трудовой потенциал организации – величина непостоянная, может как увеличиваться, так и снижаться в зависимости от условий развития персонала в компании, внедряющихся технологий, мотивационных факторов, применяемых в компаниях. Соответственно, развитие трудового потенциала организации зависит от эффективной работы как внутренних резервов и ресурсов, так и внешней среды.

Цифровая трансформация управления человеческими ресурсами полностью меняет ход процесса, приводит к радикальным изменениям в технологиях. Цифровизация изменила традиционную форму работы. Внедрение искусственного интеллекта в процессы управления персоналом облегчило автоматизацию некоторых процессов. На рис. 1 представлены тенденции развития современных технологий на мировом рынке текстильной промышленности [12, 13].

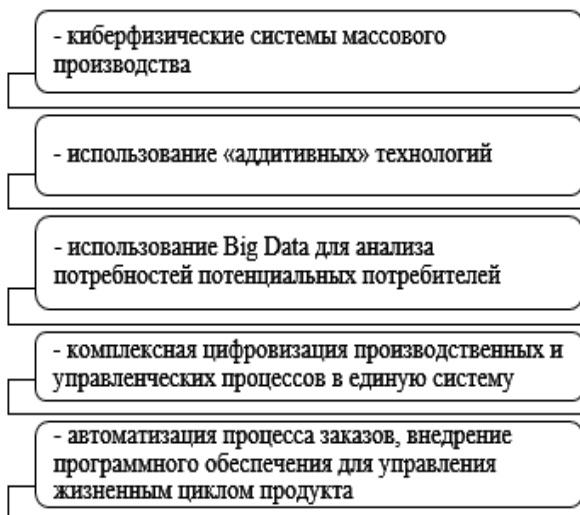


Рис. 1

Внедрение цифровых технологий формирует новые требования к трудовому потенциалу сотрудников, повышению их профессиональных компетенций, способствует

росту производительности труда и повышению конкурентоспособности компаний. Современная HR-политика направлена на развитие сотрудников, повышение их эффективности в соответствии с целями организации, и переход на новый цифровой способ работы требует от сотрудников постоянной «включенности» в процесс и непрерывного развития.

По оценке компании HeadHunter, процессы цифровизации HR-tech-сервисов в настоящее время достаточно активно реализуются в кадровой политике российских организаций (рис. 2) [14].



Рис. 2

Как видим, использование цифровых инструментов активно реализуется в кадровой политике многих организаций и процент, приходящийся на развитие персонала, составляет 19%, на обучение – 26%. Обучение и развитие персонала преследуют общую цель – овладение сотрудниками профессиональными знаниями и навыками с целью дальнейшего использования в работе.

В докладе специалистов «Global Education Futures» и «World Skills Russia» перечислены базовые навыки, которые в XXI веке понадобятся сотруднику практически на любой должности [15]:

- управление вниманием и концентрация на новых задачах (новая техника, информационные перегрузки формируют непрерывный процесс обучения);
- цифровая грамотность (выходит на первый план в условиях цифровизации);
- креативность (массовая цифровизация изменила многие производственные и управленческие процессы, в результате новый взгляд даже на привычные вещи является необходимостью);

- коммуникационная грамотность (трансформация экономики показала, что компетенции Soft skills помогают эффективно и гибко взаимодействовать не только внутри организации, но и во внешней среде);

- кросскультурность (объединение профессиональных знаний сотрудников, находящихся в разных возрастных категориях, в культурных, корпоративных и национальных аспектах);

- способность персонала к саморазвитию (непрерывное саморазвитие является ключом к успеху для сотрудников в современном мире).

Цель развития персонала в организации – раскрыть талантливых сотрудников, увеличить их трудовой потенциал для выполнения текущих и новых задач, снижения текучести кадров и повышения эффективности труда.

Профессиональное развитие персонала основано на стратегических целях организации и является непрерывным процессом постоянного приобретения новых знаний, компетенций, навыков путем профессионального и дополнительного образования, повышения квалификации, самообразования. Не каждая компания имеет программы развития сотрудников, упуская тот важный момент, что для конкурентоспособного потенциала организации необходимо мотивировать и вовлекать сотрудников, учитывая потенциал для развития каждой единицы персонала.

Мероприятия по развитию потенциала сотрудников, как правило, направлены на обучение, профориентацию, стажировки и прочие развивающие и обучающие инструменты. Следовательно, эффективным направлением в развитии персонала могут являться индивидуальные программы развития.

Наличие индивидуального плана – это «win-win»: персонал понимает, что имеет ценность для работодателя, развивается, приобретает новые знания, а организация в свою очередь создает профессиональную команду, работающую для поставленных целей и конкурентоспособную в своей отрасли. Индивидуальный план развития по-

тенциала сотрудника должен определять, какие компетенции необходимо развивать.

Одним из трендов настоящего времени является саморазвитие сотрудников – это постоянное совершенствование профессиональных качеств в соответствии с концепцией ВANI-мира, развивающейся в условиях нестабильности и глобальных перемен. Рассмотрим инструменты саморазвития персонала.

Хьютагогика (от англ. heutagogy) – одно из современных определений самообразования. Дословно означает «вести к изобретениям, открытиям, находкам, выводам». Данный вид самообучения в России более известен как эвтагогика и предполагает мотивацию к саморазвитию и поиску новых инструментов образования. Таким образом, является актуальным непрерывное образование – постоянное восполнение знаний и компетенций, чтобы оставаться актуальным и востребованным в современной профессиональной среде [16].

Хьютагогика решает такие задачи, как развитие личности и адаптация сотрудника к современным потребностям и постоянно меняющимся условиям. Необходимость в обучении возникает по мере появления новых задач или принципиально новых условий, технологий.

Следующий инструмент саморазвития персонала – двойная петля обучения (Double Loop Learning) Криса Арджириса – метод обучения человека или группы, в основе которого лежит идея наблюдения второго порядка (т. е. наблюдение за наблюдением). По мнению Арджириса, базовая форма обучения (одинарная петля) выстраивается на стандартном подходе к обучению, в результате профессиональное развитие может оставаться долгое время на одном уровне [17].

Смысл «двойной петли обучения» заключается в том, чтобы научиться видеть свои ошибки «со стороны», т. е. подвергнуть сомнению привычные мысли и действия, увидеть другую сторону решения проблемы, убирая шаблонное мышление. С помощью «двойной петли обучения» можно найти новые идеи и выйти на новый уровень развития, что особенно актуально

в условиях цифровой трансформации отраслей и всей экономики в целом, когда сама неопределенность толкает к поиску нового.

Джоб-крафтинг (англ. job crafting – проработка профессии) выявлен американскими психологами в 2001 году, это осознанный подход к тому, чем мы зарабатываем на жизнь, где сам сотрудник решает, как и с помощью каких средств изменить (пересмотреть) свои профессиональные обязанности [18]. Цель – выйти на новый уровень развития через изменение отношения к работе. Подход джоб-крафтинга предполагает:

- изменить отношение к коллегам, характер социальных и коммуникационных взаимодействий, что может усилить позиции сотрудника за счет получения нового опыта, новой информации;

- изменить отношение к выполняемой работе, используя нелинейный подход к своему развитию, чтобы найти новые возможности, что позволит сотруднику выйти на новый уровень;

- переосмыслить анализ выполняемых обязанностей в плане «нравится – не нравится» с адаптацией под себя, например, рабочее место, рутинные операции и пр.

Все перечисленные инструменты саморазвития имеют определенные преимущества [19].

Во-первых, увеличивается вовлеченность сотрудников в рабочие процессы, проявляется инновационный и творческий подход к выполняемым задачам, поиск новых решений, что на организационном уровне способствует гибкости и приспособляемости под новые цифровые программы. Во все более динамичной и глобальной бизнес-среде это может способствовать созданию конкурентного преимущества на уровне компании.

Во-вторых, личностный рост персонала положительно влияет на качество выполняемых задач, дает возможность выявить сильные стороны сотрудника, что в результате может помочь достичь «идеального» карьерного статуса и далее психологического благополучия.

Комплексная оценка сотрудников помогает выявить потенциал к развитию, опре-

делить зоны роста или недостающие компетенции, т. к. сам сотрудник может не предполагать о своих возможностях и талантах. Современные компании вводят в штат должность T&D-менеджера для развития и образования персонала в компании. T&D-менеджер – это партнер бизнеса в обучении и развитии сотрудников. Его задачи – эффективно применить необходимые инструменты для оценки сотрудников, например, профессиональные тесты, решение бизнес-кейсов, проведение деловых игр и пр., чтобы определить профиль имеющихся компетенций и способностей. По итогам исследований руководство понимает перспективу развития сотрудников и то, какие условия необходимо создавать для конкурентоспособного трудового потенциала.

T&D-специалисты необходимы организации, если стратегия предполагает расширение компании и появляется большое количество вакансий. Следовательно, для адаптации и быстрого включения в рабочие процессы необходим такой специалист, чтобы заниматься обучением, различными необходимыми видами тренингов, семинаров и пр.

В Ы В О Д Ы

Специфика работ в легкой (в т. ч. текстильной) промышленности – это творческий подход, следовательно, эффективность формирования трудового потенциала в организациях во многом зависит от реализуемых механизмов саморазвития, желания и скорости адаптации персонала к социально-экономическим трансформациям во внутренней и внешней среде.

В современных условиях текстильная промышленность может выйти на новый более конкурентоспособный уровень, и основополагающим фактором, кроме внедрения новых технологий, является максимальное использование трудового потенциала требуемой структуры. Цель развития персонала в организации – раскрыть талантливых сотрудников, увеличить их трудовой потенциал для выполнения текущих и новых задач, снижения текучести кадров и повышения эффективности труда.

Инвестиции во внутреннее развитие и профессиональный рост сотрудников позволяют сформировать сильную команду, которая способна реализовывать самые смелые идеи и работать на результат – приносить компании стабильную прибыль. При этом основную роль в этом процессе играет развитие внутреннего потенциала сотрудников.

Таким образом, использование комплекса инструментов саморазвития персонала и формирования их трудового потенциала является актуальным для предприятий текстильной промышленности. Эффективное управление трудовыми ресурсами необходимой квалификации в текстильной промышленности восполняет спрос и потребности народного хозяйства и населения в конкурентоспособной продукции, а также позволяет эффективно реализовывать трудовой потенциал отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камаев Р.А., Левин Ю.А., Сокольников М.А. Формирование технологических укладов в текстильной промышленности: производственные и региональные аспекты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 1 (379). С. 5...12.
2. Ларионова М.А., Бабешко В.Н. Перспективы применения искусственного интеллекта в легкой промышленности // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. №7 (109). URL: <https://research-journal.org/archive/7-109-2021-july/perspektivy-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-v-legkoj-promyshlennosti>. Doi: 10.23670/IRJ.2021.109.7.013
3. Сергеевич Т.В. Трудовой потенциал и управление трудом в текстильной и швейной промышленности как объекты экономического исследования // Экономическая наука сегодня. 2017. №5. С. 260...275.
4. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221756
5. Армашова-Тельник Г.С. К вопросу об инструментарии цифровой экономики // Вестник ВГУИТ. 2020. №2 (84). С. 243...249.
6. Истомина Е.А. Оценка трендов цифровизации в промышленности // Вестник ЧелГУ. 2018. №12 (422). С. 108...116.
7. Lumi Ardelin. (2020). The Impact of Digitalisation on Human Resources Development // Prizren social science journal. – 4. 39...46. 10.32936/pssj.v4i3.178.
8. Кауфман Н.Ю. Генезис конфликтов развития рынка труда в условиях цифровой экономики //

Вестник университета. 2019. № 5. С. 16...22. DOI: 10.26425/1816-4277-2019-5-16-22.

9. Радько С.Г. Понятийно-терминологические особенности понимания категории «Трудовой потенциал» // Human Progress. 2020. №1. DOI: 10.34709/IM.161.7.

10. Судакова Е.С. Взаимосвязь развития трудового потенциала персонала и эффективности организации // Вестник евразийской науки. 2014. №3 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-razvitiya-trudovogo-potentsiala-personala-i-effektivnosti-organizatsii>.

11. Miletic Z., Plazonic N. Impact of Changes in Human Capital Potential on Macroeconomic Trends // Ekonomski Vjesnik. 2018. Т. 31. Вып. 2. С. 413...425.

12. Кожина К.С., Кудрявцева Т.Ю. Анализ современного состояния рынка легкой промышленности в мире и России: проблемы и тенденции // Экономические науки. 2021. № 198. С. 61...67.

13. Максимов М. Цифровизация легпрома: как технологии меняют бизнес-процессы. URL: <https://www.it-world.ru/tech/practice/148837.html>

14. Кауфман Н.Ю. Преимущества программ Upskilling для развития персонала в эпоху цифровой трансформации экономики // Актуальные вопросы управления персоналом и экономики труда: материалы VIII науч.-практ. конф. М.: Гос. ун-т управления, 2022. С. 143...147. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49819012>.

15. Пешикова Г.Ю., Самарина А.Ю. Цифровая экономика и кадровый потенциал: стратегическая взаимосвязь и перспективы // Образование и наука. 2018. Т. 20, № 10. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-10-50-75

16. Игнатьева Г.А., Тулунова О.В., Матчина С.В. Технология самоопределяемого обучения как новый формат дополнительного профессионального образования педагогов // Образование и наука. 2019. №4. С. 162...182.

17. Argyris C. (1977). Double loop learning in organizations. Harvard Business Review (September-October): S.115...123. <https://hbr.org/1977/09/double-loop-learning-in-organizations>

18. Berg J.M., Dutton J.E., & Wrzesniewski A. (2007). What is Job Crafting and Why Does It Matter? Retrieved from <https://positiveorgs.bus.umich.edu/wp-content/uploads/What-is-Job-Crafting-and-Why-Does-it-Matter1.pdf>

19. Catherine Moore. (2019). What is Job Crafting? (Incl. 5 Examples and Exercises) <https://positivepsychology.com/job-crafting/>

REFERENCES

1. Kamaev R.A., Levin Yu.A., Sokolnikov M.A. Formation of technological structures in the textile industry: production and regional aspects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 1 (379). Pp. 5...12.
2. Larionova M.A., Babeshko V.N. Prospects for the use of artificial intelligence in light industry // Interna-

tional Research Journal. 2021. №7 (109). - URL: <https://research-journal.org/archive/7-109-2021-july/perspektivy-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-v-legkoj-promyshlennosti>. Doi: 10.23670/IRJ.2021.109.7.013

3. *Sergievich T.V.* Labor potential and labor management in the textile and clothing industry as objects of economic research // Economic science today. 2017. No. 5. Pp. 260...275.

4. The program "Digital Economy of the Russian Federation". Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated July 28, 2017 No. 1632-R. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221756

5. *Armashova-Telnik G.S.* On the issue of digital economy tools // Herald of VGUIT. 2020. №2 (84). Pp. 243...249.

6. *Istomina E.A.* Assessment of digitalization trends in industry // Bulletin of ChelSU. 2018. №12 (422). P. 108...116.

7. *Lumi Ardelin. (2020).* The impact of digitalization on the development of human resources // Prizren Socio-scientific Journal. – 4. 39...46. 10.32936/pssj.v4i3.178.

8. *Kaufman N.Yu.* Genesis of labor market development conflicts in the digital economy // Bulletin of the University. 2019. No. 5. Pp. 16-22. DOI: 10.26425/1816-4277-2019-5-16-22.

9. *Radko S.G.* Conceptual and terminological features of understanding the category "Labor potential" // Progress of mankind. 2020. No.1. DOI: 10.34709/IM.161.7.

10. *Sudakova E.S.* The relationship between the development of the labor potential of personnel and the effectiveness of the organization // Bulletin of Eurasian Science. 2014. №3 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-razvitiya-trudovogo-potentsiala-personala-i-effektivnosti-organizatsii>.

11. *Miletich Z., Plasonik N.* The impact of changes in the potential of human capital on macroeconomic trends // Economic Bulletin. 2018. No. 31. P. 2. P. 413...425.

12. *Kozhina K.S. Kudryavtseva T.Yu.* Analysis of the current state of the light industry market in the world and Russia: problems and trends // Economic sciences. 2021. No. 198. Pp. 61...67.

13. *Maksimov M.* Digitalization of the light industry: how technology is changing business processes. URL: <https://www.it-world.ru/tech/practice/148837.html>

14. *Kaufman N.Yu.* Advantages of professional development programs for personnel development in the era of digital transformation of the economy // Actual issues of personnel management and labor economics: materials of the VIII Scientific and Practical Conference. M.: State University of Management, 2022. p. 143...147. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=4981901>.

15. *Peshkova G.Yu., Samarina A.Yu.* Digital economy and human resources potential: strategic interrelation and prospects // Education and Science. 2018. Vol. 20, No. 10. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-10-50-75

16. *Ignatieva G.A., Tulupova O.V., Matchina S.V.* Technology of self-determined learning as a new format of additional professional education of teachers // Education and science. 2019. No. 4. Pp. 162...182.

17. *Argyris S. (1977).* Double cycle training in organizations. Harvard Business Review (September-October): S.115...123. <https://hbr.org/1977/09/double-loop-learning-in-organizations>

18. *Berg J.M., Dutton J. E. and Wrzesniewski A. (2007).* What is job creation and why is it so important? Extracted from <https://positiveorgs.bus.umich.edu/wp-content/uploads/What-is-Job-Crafting-and-Why-Does-it-Matter1.pdf>

19. *Catherine Moore. (2019).* What is job creation? (Incl. 5 Examples and exercises) <https://positivepsychology.com/job-crafting/>

Рекомендована кафедрой государственного и муниципального управления и управления персоналом Сургутского государственного университета. Поступила 18.04.23.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ

TO THE QUESTION OF DEVELOPMENT PROBLEMS OF MODERN TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY IN RUSSIA

A.P. ПЕСЧАНИКОВА, О.С. ОЛЕНЕВА

A.R. PESHANNIKOVA, O.S. OLENEVA

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

(¹The Kosygin State University of Russia)

E-mail: pes4.al@gmail.com

В работе проведена группировка проблем, существующих в современных реалиях на предприятиях текстильной и легкой промышленности, с целью дальнейшего изучения влияния их на уровень скорости реагирования предприятия на запросы потребителей на рынках B2B и B2C.

The paper presents a grouping of problems existing in modern realities at textile and light industry enterprises in order to further study their impact on the level of the enterprise's response rate to consumer requests in the B2B and B2C markets.

Ключевые слова: рынок, проблема, реагирование, динамика спроса, запрос, конкурентоспособность.

Keywords: market, problem, response, demand dynamics, request, competitiveness.

В современных реалиях текстильная и легкая промышленность Российской Федерации призвана не только решить задачу выживания на быстро меняющемся рынке, но и сформировать адекватные решения по всем возникающим сегодня проблемам, мешающим этой отрасли стать более конкурентоспособной. Очевидно, что главным является ускорение процесса реагирования на динамические изменения в различных сегментах рынка. Необходимо не только реагировать на динамику потребительского спроса, то есть изменения запросов конечных потребителей, но и учитывать все изменения, которые формируются на рынке производителей. Анализ направлений реагирования позволяет нам сформулировать понятие данного процесса, направленного в ответ на адекватные требования с целью сохранения устойчивости предприятия. Ведь

успешное функционирование на рынке текстильного предприятия во многом зависит от его способности создавать новые товары, уметь находить новые потребности на рынке и эффективно их удовлетворять. Реагирование на динамику спроса – это действие предприятия, направленное на наиболее полное в требуемый период удовлетворение потребностей заказчика, реализуемых на рынках как B2B, так и B2C посредством наилучшего использования имеющегося потенциала. Таким образом, мы можем говорить, что процесс реагирования, а точнее его скорость, является одним из факторов, который может влиять на уровень конкурентоспособности как самого предприятия, так и его продукции.

Процесс реагирования на требования рынка тесно связан с возможными проблемами, которые определяют уровень дан-

ного процесса. Проблемы легкой промышленности рассматриваются в трудах отечественных ученых: Филатова В.В., Мишакова В.Ю., Герасименко И.И., Губачева Н.Н., Федоровой Т.А., Шинкевич А.И., Ивановой Р.П. и других. На основе анализа современной экономической литературы нами сформированы основные группы проблем, включающие следующие позиции:

- направление внешнеторговой политики;
- направление государственной поддержки;
- финансовое направление;
- кадровое направление;
- коммуникационное направление;
- направление материально-технического обеспечения;
- управленческое направление.

Направления характеризуются множественностью аспектов. Каждое направление имеет причинно-следственные связи друг с другом, поэтому границы между ними нечеткие. Тем не менее деление всего набора проблем на направления должно помочь структурировать процессы, происходящие в легкой промышленности и определяющие вектор и темпы ее дальнейшего развития.

Направление внешнеторговой политики

Наиболее часто российскими учеными [1-8] освещаются проблемы из направления внешнеторговой политики. Основная проблема этого направления – переполненность российского рынка импортной продукцией вкупе с тем, что значительная часть импортной продукции была ввезена нелегально. При этом ситуация характерна не только для рынка потребительских товаров легкой промышленности, но и для продукции, необходимой для их производства: сырья (в особенности для синтетических волокон), оборудования, ниток и фурнитуры, химических веществ (красок, отбеливателей). Ситуация усугубляется активным внедрением технологий в торговую деятельность, упрощающих для российских покупателей заказ одежды и обуви за границей и тем самым увеличивающих ввоз иностранной продукции в Россию [1].

В 2016, 2020, 2021 годах были предприняты меры для решения проблемы высокой доли теневых процессов в легкой промышленности – введена обязательная марки-

ровка изделий из меха, обувной продукции, одежды и текстиля.

Поскольку в российской легкой промышленности сформировалась глубокая структурная зависимость от импорта, ограничения зарубежных поставок в связи с введением политических и экономических санкций против России будут ярко отражаться на рынке товаров легкой промышленности. В публикации Ивановой И.В. [2] дополнительно отмечена актуальность обеспечения импортозамещения именно в легкой промышленности.

Направление государственной поддержки

Затрагивая тему государственной поддержки предприятий легкой промышленности, Ларионов В. Г. [3] и Губачев Н. Н. [4] заявляют о недостаточности финансирования. В публикации Ивановой И.В. [2] дополнительно поднимается вопрос о необходимости поддержки российской легкой промышленности на законодательном уровне. Сразу несколько ученых [5, 6] обращают внимание на недостаточное бюджетное финансирование научных и конструкторских работ, на инновационное развитие легкой промышленности. Еще одной отличительной чертой этого направления является ориентированность мер государственной поддержки на крупные предприятия, отмеченная в публикации Велиева Ф.И. [7]. То есть российские ученые ожидают активную финансовую и организационную поддержку со стороны государства для создания и внедрения новых технологий, защиты российских компаний от недобросовестных импортеров, развития малого бизнеса.

Финансовое направление

К финансовому направлению можно отнести рост кредиторской задолженности предприятий; отсутствие у предприятий возможности инвестировать средства в основной капитал; высокое налогообложение; высокие издержки производства и, как следствие, низкая рентабельность продукции; концентрация финансового давления на малом бизнесе и нежелание банков делать вложения в длительную перспективу. В целом можно говорить, что ограничения для привлечения финансовых ресурсов

обусловлены низкой маржинальностью продукции. Данные проблемы говорят о том, что большинство предприятий находятся в убыточном состоянии.

Кадровое направление

Важно отметить, что в группу кадрового направления включены такие проблемы, как нехватка квалифицированного персонала, неблагоприятные условия труда, низкий уровень заработной платы, устаревшее небезопасное оборудование, низкий уровень удовлетворенности своей работой, большой разрыв между уровнем заработной платы руководящего состава и рядовых работников. На это влияет и тот факт, что более 40% крупных предприятий легкой промышленности находятся в малых городах и поселках и в основной своей части являются градообразующими, а 80% работающих на них сотрудников – это женщины, все это создает серьезные проблемы жизнеобеспечения работающих и членов их семей [8]. Кроме того, отмечается, что фиксируется увеличенный средний возраст занятых в сфере легкой промышленности. Нельзя забывать и о продолжительном оттоке трудовых ресурсов.

Коммуникационное направление

Коммуникационное направление составили проблемы с налаживанием связей между российской легкой промышленностью и другими единицами мировой экономической системы. Так, например, после распада СССР нарушились устоявшиеся связи с бывшими республиками, производившими натуральное волокно. В мировой легкой промышленности все еще сильна склонность к размещению производства в странах, предоставляющих дешевую рабочую силу [9]. Помимо прочего российскими исследователями отмечается нарушение коммуникаций между инновационными структурами и предприятиями, в результате возникают трудности внедрения инноваций в производственный процесс.

Направление материально-технического обеспечения

Важным вызовом для текстильной промышленности можно считать и проблемы, связанные с материально-техническим снабжением. Анализ деятельности текстильных

компаний показывает, что к глубокой зависимости от импортной продукции привел недостаток оборудования и сырья отечественного производства (в первую очередь нехватка российских синтетических волокон) для легкой промышленности. Хотя здесь нельзя забывать об исторических аспектах, так как рынок текстильной и легкой промышленности в нашей стране исторически был нацелен на работу с натуральными волокнами, которые в настоящий момент могут проигрывать различным современным синтетическим и смесовым тканям не только по ценовому признаку, но и по многим потребительским свойствам [10].

Управленческое направление

Управленческое направление состоит из проблем, связанных с вопросами менеджмента на разных уровнях: предприятия, промышленности, национальной экономики. Одна из них – неравномерное развитие отраслей: основная масса производимой продукции легкой промышленности (80%) приходится на текстильную и швейную отрасли. Неравномерно происходит и региональное развитие: около четверти всей продукции легкой промышленности производится в Московском регионе, производительные мощности расположены в основном в европейской части России. Также из-за нарушенных коммуникаций между инновационными структурами и реальным производством сформировалось отставание российских предприятий от зарубежных в части внедрения в производство современных достижений науки и техники, в том числе новых технологий в области менеджмента [8, 11].

ВЫВОДЫ

В заключение необходимо отметить, что способности предприятия приспосабливаться к изменениям спроса (реагировать на его динамику) касаются реагирования на всех этапах цикла «разработка – производство – сбыт».

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимофеев М.И. Легпром: перспективы не только в технологиях, но и в рекламе // Вестник Национального института бизнеса. 2021. № 43. С. 22...28.

2. *Иванова И.В.* Основные проблемы легкой промышленности в условиях санкций // Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2022. № 1. С. 39...40.

3. *Ларионов В.Г., Шереметьева Е.Н., Балановская А.В.* Векторы цифровой трансформации текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2(398). С. 12...20. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_12.

4. *Губачев Н.Н.* Развитие легкой промышленности с использованием механизма ГЧП // Экономические механизмы стратегического управления развитием промышленности: сб-к науч. тр. Международного научно-технического Симпозиума III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук», Москва, 20–21 октября 2021 года. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. Т. 2. С. 112...118.

5. Анализ стратегических направлений развития легкой промышленности Российской Федерации до 2025 года с использованием подхода 4P "Ориентация на результаты" / В.В. Филатов, В.Ю. Мишаков, И. И. Герасименко [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5(395). С. 5...18. – DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_5.

6. *Хлудова К.И.* Инфраструктурные барьеры инновационного развития на предприятиях легкой промышленности Российской Федерации // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 45. С. 879...884.

7. *Велиев Ф.И., Хасанов М.Т.* Кадровое обеспечение легкой промышленности в условиях становления шестого технологического уклада: общая характеристика стратегических решений // Трансформация вузовского образования: от локальных кейсов к тенденциям развития: сб-к материалов всерос. науч.-практ. конф., Москва, 18 декабря 2020 года / под общей ред. Т.С. Саяпиной, под науч. ред. Л.Н. Горбуновой. М.: Московский экономический институт, 2020. С. 288...295. – EDNRNWNGW.

8. Анализ проекта управления изменениями в рамках стратегии развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года / В.В. Филатов, В.Ю. Мишаков, Е.В. Ломакина [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1(397). С. 73...85. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_73.

9. European Commission «Advanced Technologies for Industry – Sectoral Watch. Technological trends in the textiles industry» – <https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-01/Technological%20trends%20in%20the%20textiles%20industry.pdf> (Дата обращения: 15.04.2023)

10. *Voora, Vivek, et al.* Global Market Report: Cotton. Edited by Sofia Baliño, International Institute for Sustainable Development (IISD), 2020. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/resrep26555>. Accessed 15 April 2023.

11. to, Chester. (2003). Innovation process management in global fashion businesses: a review of contex-

tual aspects. Research Journal of Textile and Apparel. 7. 60-73. 10.1108/RJTA-07-02-2003-B008.

REFERENCES

1. *Timofeev, M.I.* Legprom: prospects not only in technology, but also in advertising / M.I. Timofeev // Bulletin of the National Institute of Business. 2021. No. 43. P. 22...28.

2. *Ivanova, I.V.* The main problems of light industry in the conditions of sanctions / I.V. Ivanova // Young scientists – the development of the National Technology Initiative (POISK). 2022. No. 1. P. 39...40.

3. *Larionov V.G.* Vectors of digital transformation of the textile industry / V.G. Larionov, E.N. Shermetyeva, A.V. Balanovskaya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2 (398). S. 12-20. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_12.

4. *Gubachev, N.N.* Development of light industry using the PPP mechanism / N.N. Gubachev // Economic mechanisms of strategic management of industrial development: Collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Symposium of the III International Kosygin Forum "Modern tasks of engineering sciences", Moscow, October 20 –21, 2021. Moscow: Russian State University named after A.N. Kosygin, 2021. P. 112...118.

5. *Filatov V.V., Mishakov V.Yu., Gerasimenko I.I. [et al.]*. Analysis of strategic directions for the development of light industry in the Russian Federation until 2025 using the 4P approach "Results Orientation" // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 5 (395). P. 5-18. – DOI 10.47367/0021-3497_2021_5_5.

6. *Khudova, K.I.* Infrastructural barriers of innovative development at light industry enterprises of the Russian Federation / K.I. Khudova // Innovations. The science. Education. 2021. No. 45. P. 879...884.

7. *Veliev, F.I.* Staffing of light industry in the conditions of the formation of the sixth technological order: a general description of strategic decisions / F.I. Veliev, M.T. Khasanov // Transformation of higher education: from local cases to development trends: collection of materials of the All-Russian Scientific -practical conference, Moscow, December 18, 2020 / Under the general editorship of T.S. Sayapina, under the scientific editorship of L.N. Gorbunova. Moscow: Moscow Economic Institute, 2020. P. 288...295.

8. Analysis of the change management project within the framework of the strategy for the development of light industry in the Russian Federation for the period up to 2025 / V.V. Filatov, V.Yu. Mishakov, E.V. Lomakina [et al.] // News of higher educational institutions. Technology of the textile industry. 2022. No. 1 (397). S. 73-85. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_73.

9. European Commission «Advanced Technologies for Industry – Sectoral Watch. Technological trends in the textiles industry» – <https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-01/Technological%20trends%20in%20the%20textiles%20industry.pdf>

20in%20the%20textiles%20industry.pdf (Дата обращения: 15.04.2023)

10. *Voora, Vivek, et al.* Global Market Report: Cotton. Edited by Sofia Baliño, International Institute for Sustainable Development (IISD), 2020. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/resrep26555>. Accessed 15 April 2023.

11. to, Chester. (2003). Innovation process management in global fashion businesses: a review of contextual aspects. *Research Journal of Textile and Apparel*. 7. 60-73. 10.1108/RJTA-07-02-2003-B008.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 23.05.23.

УДК 675.620.1

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_81

ВЛИЯНИЕ ТРАВЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ НА ПРОЧНОСТЬ КОЖИ

THE EFFECT OF NATURAL EXTRACTS ON THE STRENGTH OF LEATHER

*Р.Ш. МИРЗАМУРАТОВА, Р.Т. КАЛДЫБАЕВ, Е.Е. БАЙРАМОГЛУ,
К.М. ТЕМИРШИКОВ, И.С. БАЙСЕИТОВА*

R.SH. MIRZAMURATOVA, R.T. KALDYBAYEV, E. E. BAYRAMOĞLU, K.M. TEMIRSHIKOV, I.S. BAISEITOVA

*(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,
Университет Эге, Турция)*

*(M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan,
Ege University, Turkey)*

E-mail: era05.05@mail.ru

В данной статье рассмотрены способы повышения прочности кожевенных материалов.

Эксперименты проводились на базе ТОО «Turan-Skin». Для исследования использовалась кожа крупного рогатого скота хромового дубления. В качестве натуральных красителей использовали травяные экстракты из луковой шелухи, коры дуба, скорлупы ореха. Изучен процесс подготовки травяных экстрактов и способы их применения при отделке кожи как красителя вместо химического пигмента. Отделка кожи проведена путем опрыскивания.

Изучены физико-механические характеристики кожевенных материалов.

В статье проведен анализ влияния технологических параметров на процесс обработки кожевенных материалов с использованием показателей физико-механических свойств, таких, как предел прочности, удлинение при разрыве, средняя раздирающая нагрузка. Для сравнительного анализа использованы три вида контрольного образца: образец с применением химического пигмента, образец с применением воды, образец без отделки.

Проведенный анализ результатов опытов показал значительное улучшение физико-механических свойств кожи после применения травяных экстрактов.

This article discusses ways to improve the strength of leather materials.

The experiments were conducted on the basis of «Turan-Skin» Company. Chrome-tanned cattle leather was used for the study. Natural extracts from onion peels, oak bark, and walnut shells were used as natural dyes. The process of prepa-

ration of natural extracts and methods of application them in leather finishing instead of a chemical pigment, have been studied. The finishing of the leather was carried out by spraying.

The physical and mechanical characteristics of leather materials have been studied.

The article presents analysis of the influence of technological parameters on the processing of leather materials using indicators of physical and mechanical properties such as: breaking load, elongation at break, average tearing load. Three types of control sample were used for comparative analysis: a sample with the use of chemical pigment, a sample with the use of water, and a sample without finishing.

The analysis of the experimental results shows a significant improvement in the physical and mechanical properties of the leather after the use of herbal extracts.

Ключевые слова: кожа, натуральные красители, удлинение при разрыве, предел прочности, кожевенная промышленность.

Keywords: leather, natural dyes, percentage extension, tensile strength, leather industry.

Введение

Кожевенное производство – очень сложный и трудоемкий процесс [1]. Здесь используются вспомогательные и химические вещества, загрязняющие окружающую среду. В зависимости от способа использования химикатов их влияние на качество кожи разнообразно. На протяжении более чем 100 лет исследований в области прочности материала до сих пор остается спорным вопрос, ослабляют ли химические вещества прочность кожи, укрепляют или оказывают влияние на оригинальные коллагеновые волокна кожи [2].

Для повышения качества кожи проводится множество исследований [3-5].

Известен способ применения водных растений в качестве дубильного вещества. Водяной гиацинт (*Eichhornia crassipes*) занесен в список худших водных растений в мире, поэтому были проведены очень ограниченные исследования по практическому применению водного гиацинта. Исследованы фитохимические вещества, функциональные группы и содержание дубильных веществ в водном гиацинте, найденном в озере, которые могли бы служить растительным дубильным средством [6].

Известно, что экстракт мандарина является природным антиоксидантом, и если его использовать в качестве фиксатора, то он может оказывать замедляющее старение

действие при производстве кожи. Также установлено, что использование экстракта отходов мандариновой кожуры увеличивает яркость кожи [7].

Казахстан – большая страна по площади, богатая природной растительностью. К растительным дубильным веществам относятся вещества, обнаруженные в различных частях многих растений, которые извлекаются путем экстракции с помощью воды и обладают способностью к образованию прочных химических связей с функциональными группами в структуре белка кожи, результатом чего является значительное изменение многих свойств материала: упругости, пористости, термостойкости, износостойкости, смачиваемости, устойчивости к действию гидролизующих реагентов. В зависимости от типа растений дубильные вещества обнаруживаются в их листьях, корнях и коре. Водяной раствор, полученный из дубильных материалов, сгущенный до желаемой концентрации или высушенный до достижения твердого состояния, называется дубильным экстрактом.

В кожевенной промышленности широко применяется луковая шелуха [8-9], скорлупа ореха и другие виды растений [10].

Методы исследования

В процессе работы использованы: научные, логические, объективные методы исследования. Изучены следующие физико-механические характеристики кожевенных материалов: предел прочности, удлинение при разрыве, раздирающая нагрузка кожи путем раздира по одной кромке. Для исследования использовалась кожа крупного рогатого скота хромового дубления. На коже хромового дубления проводили отделочные работы с использованием натурального экстракта вместо химического пигмента.

В отделке кожи используются травяные экстракты из луковой шелухи, коры дуба, скорлупы ореха. Для приготовления натурального экстракта из луковой шелухи, коры дуба, скорлупы грецкого ореха 200 г растений заливают 3 л воды и кипятят 3 часа. Готовую жидкость остужают и процеживают.

Отделочные работы выполнены в два этапа. Первый этап работы – нанесение покрывной краски, второй этап работы – закрепление краски.

Отделку проводили путем опрыскивания, добавляя пленкообразователи, воски,

лаки и травяные экстракты в соотношении 1:2. Эксперименты проводились на базе ТОО Turan-Skin.

Работа выполнялась по стандарту ГОСТ Р ИСО 3376-2013. Раздирающую нагрузку по методу раздира по одной кромке определяли по стандарту ГОСТ Р ИСО 3377-1-2017. Кондиционировали образцы для испытаний по ИСО 2419. Толщину каждого испытуемого образца определяли в соответствии с ИСО 2589.

Измерения проводили в трех точках. За толщину испытуемого образца принимали среднее арифметическое значение трех измерений t .

Результаты и обсуждение

Для того чтобы провести эксперимент, получили 12 образцов в поперечном и продольном направлении: с применением экстракта луковой шелухи, скорлупы ореха, коры дуба, с применением химического пигмента, с применением воды и без отделки [5].

Толщина образцов кожи, предел прочности кожи, удлинение при разрыве, средняя раздирающая нагрузка представлены в табл. 1.

Таблица 1

№	Наименование образцов	Средняя величина толщины образца, мм	Предел прочности, Н/мм ²	Удлинение при разрыве, %	Средняя раздирающая нагрузка, Н
1	Образец без обработки (контрольный продольный)	1,79	18,42	62,9	76,78
2	Образец без обработки (контрольный поперечный)	1,77	13,09	53,7	78,45
3	Образец с применением воды (контрольный продольный)	1,75	20,04	67,2	81,74
4	Образец с применением воды (контрольный поперечный)	1,78	20,79	49,7	79,45
5	Образец с применением химического пигмента (контрольный продольный)	1,74	21,99	87,3	82,46
6	Образец с применением химического пигмента (контрольный поперечный)	1,7	21,89	94,2	87,12
7	Образец с применением коры дубы (продольный)	1,8	23,22	94,8	98,57
8	Образец с применением коры дубы (поперечный)	1,83	23,87	91,6	115,48
9	Образец с применением скорлупы ореха (продольный)	1,64	21,78	91,3	88,78
10	Образец с применением скорлупы ореха (поперечный)	1,66	21,36	92,0	99,13
11	Образец с применением луковой шелухи (продольный)	1,64	21,94	92,9	93,39
12	Образец с применением луковой шелухи (поперечный)	1,68	21,28	91,1	110,26

По результатам исследования величина прочности образца с применением коры дуба выше на 4,81 Н/мм², чем у образца без обработки, больше на 3,18 Н/мм², чем у образца с применением воды, больше на 1,23 Н/мм², чем у образца с применением химического пигмента. По результатам анализа прочность образца с применением коры дуба больше, чем у контрольных образцов. Величина удлинения при разрыве образца с применением коры дуба тоже выше, чем у контрольных образцов. Высо-

кая средняя раздирающая нагрузка выявлена у образца с применением коры дуба – 115,48 Н.

Прочность второго образца с применением скорлупы ореха выше на 3,3593 Н/мм², чем у образца без обработки, больше на 1,74 Н/мм², чем у образца с применением воды, меньше на 0,21 Н/мм², чем у образца с применением химического пигмента.

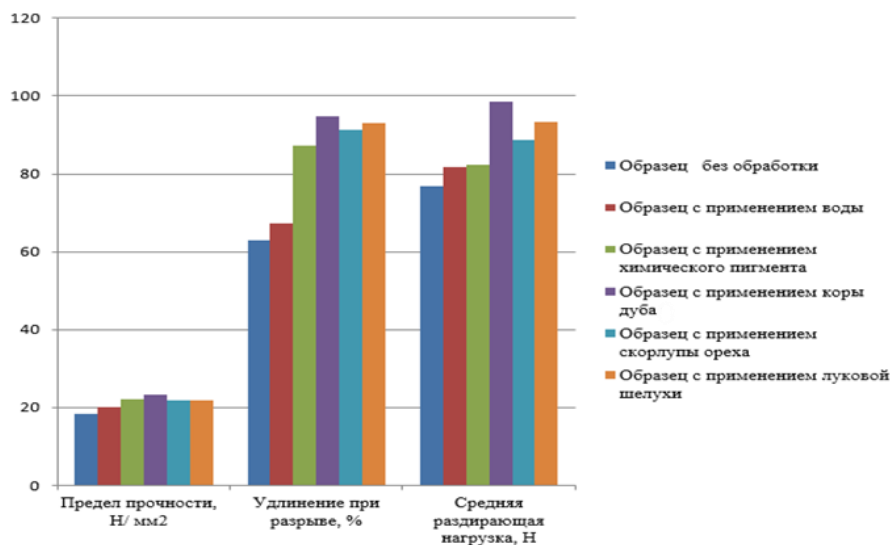


Рис. 1

Прочность третьего образца с применением луковой шелухи выше на 3,52 Н/мм², чем у образца без обработки, больше на 1,9 Н/мм², чем у образца с применением воды, меньше на 0,05 Н/мм², чем у образца с применением химического пигмента.

Эти исследования проведены с целью изучения влияния натуральных растительных экстрактов, используемых в качестве красителя, на прочность кожи. Процент удлинения при разрыве в образцах окрашенной натуральными экстрактами кожи также относительно высок по сравнению с контрольными образцами. Выявлено, что почти все образцы, окрашенные натуральными красителями, обладают высокой прочностью. Обнаружено, что использование всех природных экстрактов в целом не уменьшает прочности материала, а наоборот, эффективно влияет на прочность кожи.

График влияния травяных экстрактов на физико-механические свойства кожи представлен на рис. 1.

Анализируя результаты исследования, можно отметить, что самый хороший результат показал образец с использованием коры дуба. Величина прочности образцов с применением луковой шелухи и скорлупы ореха меньше на незначительную величину, чем у образца с применением коры дуба.

ВЫВОДЫ

Исследование показало влияние природных травяных экстрактов на физико-механические свойства кожевенных материалов, что позволяет нам обоснованно выбирать виды травяных экстрактов, область и способы применения для обработки кожевенных материалов.

Результаты проведенных исследований показали значительное улучшение свойств кожи после применения травяных экстрактов при отделке кожи.

Преимущества применения натуральных экстрактов в производстве кожи велики. Во-первых, использование натуральных экстрактов вместо химического пигмента способствует охране окружающей среды. Во-вторых, уменьшает количество вредных химикатов, используемых в производстве кожи. В-третьих, улучшает некоторые физико-механические свойства кожи, как показано в исследовании.

По результатам исследования выявлено, что травяные экстракты положительно влияют на физико-механические свойства кожи, особенно экстракт из коры дуба: предел прочности – 23,8704 Н/мм², удлинение при разрыве – 91,6 %, средняя раздирающая нагрузка – 115,4775 Н.

Выявлено, что повышение качества кожаных материалов требует изменения способа отделки кожи с применением натуральных экстрактов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В.А. Технология переработки кожаного, овчинно-шубного и пушно-мехового сырья. Казань: КГАВМ им. Н.Э. Баумана, 2018.
2. Ricardo Tournier. Chemicals' Influence in Leather Tensile and Tear Strength Review // Journal of the American Leather Chemists Association. 2020. Vol. 115. No. 11. P. 409...412.
3. Md. Abu Sayid Mia, Refat E Ashraf, Mohammad Nurnabi, Md. Zahmagir Alam. Eco-friendly Leather Dyeing using Ultrasound Technique Published // Journal of the American Leather Chemists Association. 2020. Vol. 115. No. 6. P. 199...205. – DOI: <https://doi.org/10.34314/jalca.v115i6.3819>
4. Venkatasubramanian Sivakuma. Influence of Ultrasound on the Adsorption, Diffusion and Kinetics of Leather Dyeing Process // Journal of the American Leather Chemists Association. 2020. Vol. 115. No. 7. P. 239...247.
5. Resmi Mohan, R. Muthukumar, R. Shivaji Ganesan, S. Shrividhya, Venkatasubramanian Sivakumar. Remediation of Spent Vegetable Tannins from Waste Tanning Liquor through Coagulation and Ultrasound Pre-Treatment // Journal of the American Leather Chemists Association. 2022. Vol. 117. No. 9. P. 367...378.
6. Fitsum Etefa Ahmed, Gemeda Gebino Gelebo, Belay Meles Gebre. Potential of Water Hyacinth Leaves Extract as a Leather Tanning Agent // Journal of the

American Leather Chemists Association. 2022. Vol. 117. No. 9. P. 391...399.

7. Bayramoğlu E.E., Topuz F.C., Ayana M.M., Soyly S. A research on the use of waste mandarin peels as fixing agents in leather production and its effects on ageing and colour // Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 2020, 8 (2). P. 266...269.

8. Sharif A., Saim N., Jasmani H., Ahmad W.Y.W. Effects of solvent and temperature on the extraction of colorant from onion (*Allium cepa*) skin using pressurized liquid extraction // Asian Journal of Applied Sciences. 2010, 3(4). P. 262...268.

9. Doğan Y., Başlar, S., Mert H.H., Ay G. Plants used as natural dye sources in Turkey. Economic Botany-2003.57(4). P. 442...453.

10. Bayramoğlu E.E., Onem E., Yorganoglu A. Reduction of Hexavalent Chromium Formation in Leather with Various Natural Products (*Coridothymuscapiatus*, *Olea europaea*, *Corylusavellana*, and *Juglansregia*). Ekoloji-2012, 21, 84. P. 114...120.

11. Myrhalikov ZH.U., Yessirkepova A.M., Issayeva G.K., Kulbai B.S. To the problem of the evaluation methods of synergetic effect in the secondary resources management on the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2015. Iss.1. P. 5...10.

REFERENCES

1. Baranov V.A. Technology pererabotky kozhevennogo, ovshinnogo-shubnogo i pushno-mechovogo sirya. Kazan: KGAVM im. N.E. Bauman, 2018.
2. Ricardo Tournier. Chemicals' Influence in Leather Tensile and Tear Strength Review // Journal of the American Leather Chemists Association. 2020. Vol. 115. No. 11. P. 409...412.
3. Md. Abu Sayid Mia, Refat E Ashraf, Mohammad Nurnabi, Md. Zahmagir. Alam Eco-friendly Leather Dyeing using Ultrasound Technique Published // Journal of the American Leather Chemists Association. 2020. Vol. 115. No. 6. P. 199...205. – DOI: <https://doi.org/10.34314/jalca.v115i6.3819>
4. Venkatasubramanian Sivakuma. Influence of Ultrasound on the Adsorption, Diffusion and Kinetics of Leather Dyeing Process // Journal of the American Leather Chemists Association. 2020. Vol. 115. No. 7. P. 239...247.
5. Resmi Mohan, R. Muthukumar, R. Shivaji Ganesan, S. Shrividhya, Venkatasubramanian Sivakumar. Remediation of Spent Vegetable Tannins from Waste Tanning Liquor through Coagulation and Ultrasound Pre-Treatment // Journal of the American Leather Chemists Association. 2022. Vol. 117. No. 9. P. 367...378.
6. Fitsum Etefa Ahmed, Gemeda Gebino Gelebo, Belay Meles Gebre. Potential of Water Hyacinth Leaves Extract as a Leather Tanning Agent // Journal of the
7. Bayramoğlu E.E., Topuz F.C., Ayana M.M., Soyly S. A research on the use of waste mandarin peels

as fixing agents in leather production and its effects on ageing and colour // Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 2020, 8 (2). P. 266...269.

8. Sharif A., Saim N., Jasmani H., Ahmad W.Y.W. Effects of solvent and temperature on the extraction of colorant from onion (*Allium cepa*) skin using pressurized liquid extraction // Asian Journal of Applied Sciences. 2010, 3(4). P. 262...268.

9. Doğan Y., Başlar, S., Mert H.H., Ay G. Plants used as natural dye sources in Turkey. Economic Botany-2003.57(4). P. 442...453.

10. Bayramoğlu E.E., Onem E., Yorganoglu A. Reduction of Hexavalent Chromium Formation in Leather with Various Natural Products (*Coridothymuscapitatus*,

Olea europaea, *Corylusavellana*, and *Juglansregia*). Ekoloji-2012, 21, 84. P.114...120.

11. Myrhalikov ZH.U., Yessirkepova A.M., Issayeva G.K., Kulbai B.S. To the problem of the evaluation methods of synergetic effect in the secondary resources management on the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2015. Iss.1. P. 5...10.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования изделий легкой промышленности ЮКГУ им. М. Ауэзова. Поступила 06.02.23.

УДК 539.3:621.002.3 (035)

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_86

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

METHOD FOR DETERMINING THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF 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 описан метод определения физико-механических характеристик нетканых полотен, основанный на представлении материала в виде вязкоупругой сплошной среды, имеющей капиллярно-пористое строение и волокнистую структуру. На основании экспериментальных данных математическое моделирование изменения физико-механических характеристик высокопористых сред, к которым относятся рассматриваемые полотна, в результате внешних воздействий производится при помощи степенной функции. Для решения рассматриваемой оптимизационной задачи используется метод штрафных функций. Определение штрафной функции по аргументу производится таким образом, чтобы в интересующем интервале значений она была равна нулю, а за пределами интервала возрастала.

В результате проведенного анализа получены уравнения, позволяющие производить проектирование материала лишь по одной, заданной изначально характеристике (например, плотность или пористость).

The article describes a method for determining the physical and mechanical characteristics of nonwoven fabrics, based on the representation of the material in the form of a viscoelastic continuous medium having a capillary-porous and a fibrous structure. Based on experimental data, mathematical modeling of changes in the physico-mechanical characteristics of highly porous media (which include the canvases) as a result of external influences using a power function is performed. To

solve the optimization problem under consideration, the method of penalty functions is used. The penalty function is defined by the argument in such a way that it is equal to zero in the range of values of interest, and increases outside the interval.

As a result of the analysis the equations that make it possible to design a material according to only one initially specified characteristic (for example, density or porosity) were obtained.

Ключевые слова: технология, сплошная среда, внешние воздействия, нетканый материал, математический метод, оптимизация, штрафная функция, плотность, пористость, условия эксплуатации.

Keywords: technology, continuum, external influences, non-woven material, mathematical method, optimization, penalty function, density, porosity, operating conditions.

Расширение ассортимента и увеличение объемов выпуска нетканых материалов является одним из перспективных направлений, открывающих новые области их применения и способствующих вытеснению соответствующей импортируемой продукции [1]. Следует отметить, что нетканые полотна обладают высокими физико-механическими свойствами, а достаточно простая и экономичная технология их изготовления позволяет использовать разнообразный волокнистый состав.

Нетканые материалы представляют собой плотно упакованные волокнистые системы, в которых волокна соединены между собой механическим, физико-химическим или комбинированным способами. При использовании иглопробивания образуется хаотически сформированная структура, пронизанная на всю толщину полотна пучками волокон. Поэтому разработку математического метода, позволяющего определить требуемые параметры нетканых полотен, целесообразно проводить, представляя рассматриваемое полотно как вязкоупругую высокопористую сплошную среду, имеющую капиллярно-пористое строение и волокнистую структуру.

Анализ многочисленных исследовательских работ, посвященных изучению свойств различных дисперсных материалов [2-8], показывает, что с увеличением плотности возрастает и прочность материала.

Изменение физико-механических характеристик высокопористых сред, к которым относятся рассматриваемые полотна, в результате внешних воздействий в общем виде можно с достаточной для практических расчетов точностью описать при помощи степенной зависимости вида:

$$F(x) = Kx^n, \quad (1)$$

где $F(x)$ – целевая функция; x – характерный параметр материала (например, плотность или пористость); K, n – коэффициент пропорциональности и показатель, характеризующий степень нелинейности функции соответственно.

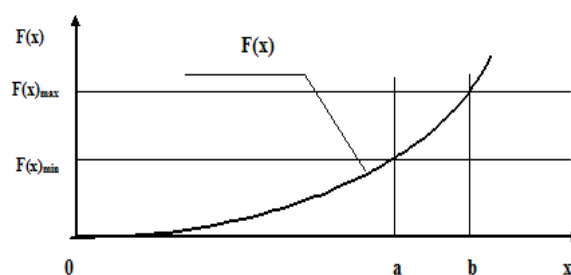


Рис. 1

Граничные условия формулируются следующим образом: в диапазоне изменения $0 \leq x \leq 1$ значение $x = a$ соответствует величине $F(x) = F(x)_{\min}$ и $x = b$ имеет место в случае $F(x) = F(x)_{\max}$ (рис. 1). Рассматриваемая оптимизационная задача состоит в том, чтобы найти такую функцию вида (1),

которая обеспечила бы выполнение указанных требований.

Для решения задачи используется метод штрафных функций. Определение штрафной функции по x производится таким образом, чтобы в интересующем интервале от a до b она была равна нулю, а за пределами интервала возрастала [9÷11]:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } a \leq x \leq b \\ (x - b) & \text{при } x \geq b \\ (a - x) & \text{при } x \leq a \end{cases}$$

С целью определения неизвестных K и n следует минимизировать разность между искомой функцией (1), которую можно представить в виде:

$$KZ^n = K \cdot e^{n \cdot \ln(Z)},$$

$$\begin{aligned} & \int_0^a [KZ^n - (a - Z)] Z^n dZ + \int_a^b [K \cdot Z^n Z^n] dZ + \int_b^1 [KZ^n - (Z - b)] Z^n dZ = \\ & = \frac{K}{2n + 1} - \frac{1}{(n + 1)(n + 2)} [a^{n+2} + n(1 - b) + (1 - 2b) + b^{n+2}] = 0, \\ & \int_0^a [KZ^n - (a - Z)] \ln(Z) Z^n dZ + \int_a^b [KZ^n Z^n \ln(Z)] dZ + \int_b^1 [KZ^n - (Z - b)] \ln(Z) Z^n dZ = \\ & = \frac{Ka^{n+2}}{(2n + 1)^2} [(2n + 1) \ln(a) - 1] - \frac{a^{n+2}}{(n + 1)^2} \cdot [(n + 1) \ln(a) - 1] + \\ & \quad + \frac{a^{n+1}}{(n + 2)^2} [(n + 2) \ln(a) - 1] + \frac{K}{(2n + 1)^2} \\ & \quad \cdot \{[(2n + 1)[b^{2 \cdot n+1} \ln(b) - a^{2 \cdot n+1} \ln(a)] - [b^{2 \cdot n+1} - a^{2 \cdot n+1}]\} + \\ & + \frac{K}{(2n + 1)^2} \{b^{2 \cdot n+1} [1 - (2n + 1) \ln(b)] - 1\} + \frac{1}{(n + 2)^2} \{b^{n+2} [1 - (n + 2) \ln(b)] - 1\} + \\ & \quad + \frac{b}{(n+1)^2} \{b^{n+2} [1 - (n + 1) \ln(b)] - 1\} = 0. \end{aligned}$$

После преобразований получено транс-

и некоторой штрафной функцией $f(Z)$. Для обеспечения положительной разности между указанными функциями в каждой точке по Z используется метод средних квадратичных отклонений:

$$\int_0^A [KZ^n - f(Z)]^2 dZ = I(K, n).$$

Необходимым условием достижения минимума разности функций является равенство нулю первой производной $I(K, n)$ по параметрам K и n :

$$\frac{\partial I}{\partial K} = 2 \int_0^A [KZ^n - f(Z)] Z^n dZ = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial I}{\partial n} = 2 \int_0^A [KZ^n - f(Z)] K \ln(Z) Z^n dZ = 0. \quad (3)$$

Последовательно интегрируя (2) и (3), имеем:

цендентное уравнение для определения n :

$$\begin{aligned} & \frac{1}{n + 1} \{b^{n+1} [1 - (n + 1) \ln(b)] - b - a^{n+1} [1 - (n + 1) \ln(a) - 1]\} \\ & + \frac{1}{(n+1)^2} \{a^{n+2} \cdot [(n + 2) \ln(a) - 1] - b^{n+2} \cdot [1 - (n + 2) \ln(b)] + 1\} - \\ & \frac{1}{(2 \cdot n+1) \cdot (n+1) \cdot (n+2)} [a^{n+2} + n(1 - b) + (1 - 2b) + b^{n+2}] = 0 \quad (4) \end{aligned}$$

Расчет значения K производится по следующей формуле:

$$K = \frac{(2n + 1)}{(n + 1)(n + 2)} [a^{n+2} + n(1 - b) +$$

$$+ (1 - 2b) + b^{n+2}]. \quad (5)$$

Решение уравнений (4) и (5) проводится с учетом зависимости (1), записанной для

максимального и минимального значений функции $F(x)$, в виде:

$$\ln F(x)_{\max} = \ln(K) + n \cdot \ln(b), \quad (6)$$

$$\ln F(x)_{\min} = \ln(K) + n \cdot \ln(a). \quad (7)$$

Численные значения n , K , a и b определяются из совместного решения уравнений (4) – (7) при известных $F(x)_{\max}$ и $F(x)_{\min}$, определяемых из условий эксплуатации материала.

Предложенный математический метод определения параметров нетканого полотна позволяет проектировать материалы лишь по одной, заданной изначально характеристике (например, плотность или пористость).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинер М.Е. Новые композиционные нетканые материалы // Нетканые материалы: продукция, оборудование, технологии. 2011. № 1(14). С. 10...11.

2. Жихарев А.П., Краснов Б.Я., Петропавловский Д.Г. Практикум по материаловедению в производстве изделий легкой промышленности. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 464 с.

3. Назарова Ю.В., Тюменев Ю.Я., Мухамеджанов Г.К. Зависимость изменения фильтрационных характеристик нетканых геотекстильных материалов от пористости при изменении давления // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2007): сб-к матер. междунар. науч.-техн. конф. Иваново: ИГТА, 2007. Ч. 1. С. 117...118.

4. Назарова Ю.В., Тюменев Ю.Я., Мухамеджанов Г.К., Плеханова С.В. Влияние структуры геотекстильных нетканых материалов на прочностные характеристики при продавливании шариком // Экологические и ресурсосберегающие технологии промышленного производства: сб-к ст. междунар. науч.-техн. конф. Витебск: ВГТУ, 2006. С. 189...191.

5. Мухамеджанов Г.К., Назарова Ю.В., Соболев С.В., Тюменев Ю.Я. Зависимость прочности геотекстильных материалов при продавливании от способа их производства // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред: матер. XIII Междунар. симпозиума. М.: Изд-во МАИ, 2007. С. 203...204.

6. Киселев С.В., Козлов А.А., Егоров И.М. Компьютерное прогнозирование деформационных режимов эксплуатации геотекстильных нетканых материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №3 (399). С. 214...220.

7. Абдугаффаров А.А., Очилтов Т.А., Валиева З.Ф., Гафурова С.С., Корабельников А.Р. Изменения физико-механических свойств пряжи различного волокнистого состава // Известия вузов. Технология

текстильной промышленности. 2022. №5 (401). С. 83...87.

8. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Литвинов А.М. Математическое моделирование деформационных свойств полимерных текстильных материалов с позиции спектрального анализа вязкоупругости // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. №6 (396). С. 210...219.

9. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление. М.: Наука, 1968. Т. 2. 312 с.

10. Прусаков Г.М. Математические модели и методы в расчетах на ЭВМ. М.: Физико-математическая литература, 1993. 141 с.

11. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. Кн. 1: [пер. с англ.]. М.: Мир, 1986. 349 с.

REFERENCES

1. Rabiner M.E. New composite nonwoven materials // Nonwoven materials: Products, equipment, technologies. 2011. No. 1(14), p. 10, 11.

2. Zhikharev A.P., Krasnov B.Ya., Petropavlovsky D.G. Workshop on materials science in the production of light industry products. M.: Publishing Center "Academy", 2004. 464 p.

3. Nazarova Yu.V., Tyumenev Yu.Ya., Mukhamedzhanov G.K. Dependence of the change in the filtration characteristics of non-woven geotextile materials on porosity with a change in pressure // Modern science-intensive technologies and promising materials of textile and light industry (Progress – 2007): collection of materials of the international scientific and technical conference. Ivanovo: IGTA, 2007. Part 1. P.117...118.

4. Nazarova Yu.V., Tyumenev Yu.Ya., Mukhamedzhanov G.K., Plekhanova S.V. Influence of the structure of geotextile nonwoven materials on the strength characteristics when punched by a ball // Ecological and resource-saving technologies of industrial production: collection of articles of the international scientific and technical conference. Vitebsk: VGTU, 2006. P. 189...191.

5. Mukhamedzhanov G.K., Nazarova Yu.V., Sobolev S.V., Tyumenev Yu.Ya. Dependence of the strength of geotextile materials during punching on the method of their production // Dynamic and Technological Problems of Structural Mechanics and Continuous Environments: proceedings of the XIII International Symposium. M.: Publishing House of MAI, 2007. P. 203...204.

6. Kiselev S.V., Kozlov A.A., Egorov I.M. Computer prediction of deformation modes of operation of geotextile nonwoven materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 3 (399). P. 214...220.

7. Abdugaffarov A.A., Ochilov T.A., Valieva Z.F., Gafurova S.S., Korabelnikov A.R. Changes in the physical and mechanical properties of yarn of various fiber composition // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5 (401). P.83...87.

8. Demidov A.V., Makarov A.G., Pereborova N.V., Litvinov A.M. Mathematical modeling of deformation properties of polymeric textile materials from the standpoint of spectral analysis of viscoelasticity // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 6 (396). P. 210...219.

9. Piskunov N.S. Differential and integral calculus. M.: Nauka, 1968. V.2. 312 p.

10. Prusakov G.M. Mathematical models and methods in computer calculations. M.: Physico-mathematical literature, 1993. 141 p.

11. Rekleitis G., Reyvindran A., Ragsdel K. Optimization in technology. Book.1. Per. from English. M.: Mir, 1986. 349 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_4_90

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ ТЕПЛООТРАЖАЮЩИХ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ПОДКЛАДОЧНЫХ ТКАНЕЙ

DETERMINATION OF SLIDING FRICTION OF HEAT-REFLECTIVE METALIZED LINING FABRICS

E.V. KOZLOVA, YU.S. SHUSTOV, A.V. KURDENKOVA, YA.I. BULANOV

E. V. KOZLOVA, YU. S. SHUSTOV, A. V. KURDENKOVA, YA. I. BULANOV

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

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: kurdenkova-av@rguk.ru

Металлизированные подкладочные ткани являются инновационными материалами, применяемыми в спортивной и бытовой одежде, предназначенной для пониженных температур. Нанесение металлизированного слоя в виде геометрических фигур обеспечивает теплоотражение при активных движениях и в состоянии покоя. Для обеспечения паропроницаемости материала геометрические фигуры металлизированного слоя расположены на расстоянии. Металлизированный слой также обеспечивает гладкость поверхности подкладочной ткани, что оказывает влияние на эргономику готового изделия. Исследуемые образцы имели металлизированный слой, сформированный из квадратов, ромбов, звездочек. Также был выбран образец, который не имел металлизации на поверхности, но в состав были включены металлизированные филаменты. Образцы подвергались 10 стиркам, в результате которых металлизированный слой начал разрушаться за счет механических воздействий. Разработано устройство для определения тре-

ния скольжения металлизированных подкладочных тканей. Проведены испытания по определению коэффициента трения скольжения по исходной ткани, сорочечной ткани и трикотажному полотну для верхних изделий после многократных стирок подкладочных тканей.

Metallized lining fabrics are innovative materials used in sportswear and home-wear designed for low temperatures. The application of a metallized layer in the form of geometric shapes provides heat reflection during active movements and at rest. To ensure the vapor permeability of the material, the geometric shapes of the metallized layer are located at a distance. The metallized layer also ensures the smoothness of the surface of the lining fabric, which affects the ergonomics of the finished product. The studied samples had a metallized layer formed from squares, rhombuses, stars. A sample was also chosen that did not have metallization on the surface, but metallized filaments were included in the composition. The samples were subjected to 10 washings, as a result of which the metallized layer began to break down due to mechanical impacts. A device for determining the sliding friction of metallized lining fabrics in the work has been developed. Tests were carried out to determine the coefficient of sliding friction on the original fabric, shirt fabric and knitted fabric for outerwear after multiple washes of lining fabrics.

Ключевые слова: металлизированная подкладочная ткань, коэффициент трения скольжения, устройство, трикотажное полотно, сорочечная ткань.

Keywords: metallized lining fabric, coefficient of sliding friction, device, knitted fabric, shirt fabric.

Подкладочная ткань позволяет повысить формоустойчивость и сохранить необходимый микроклимат в пододежном пространстве.

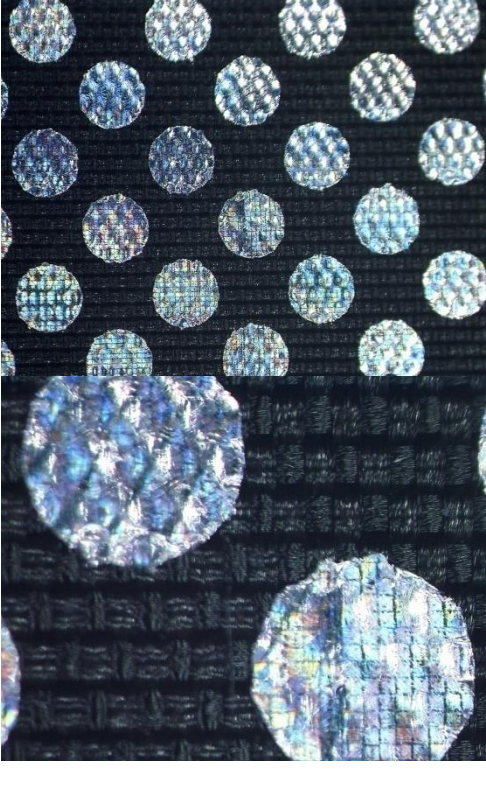
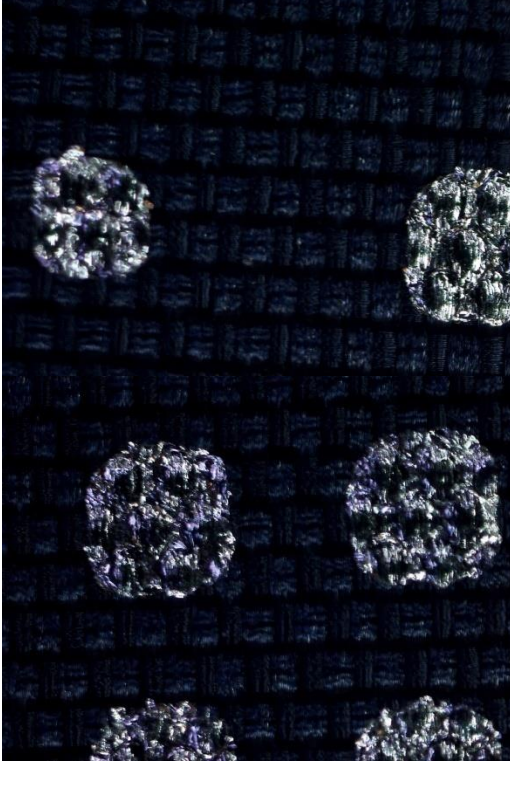
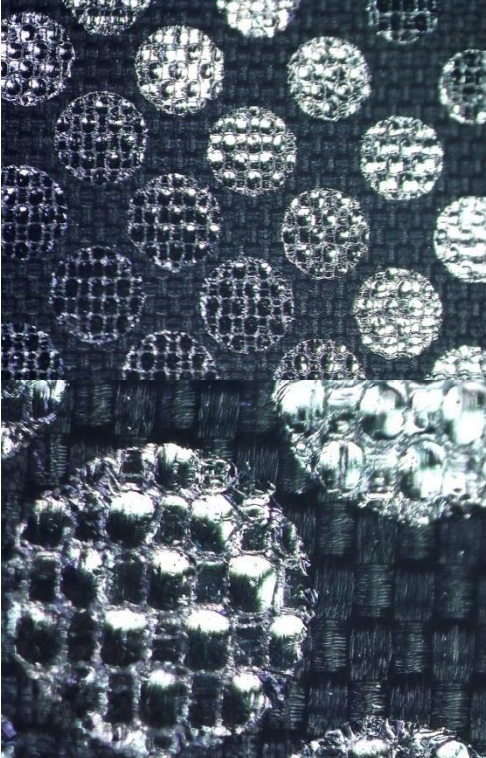
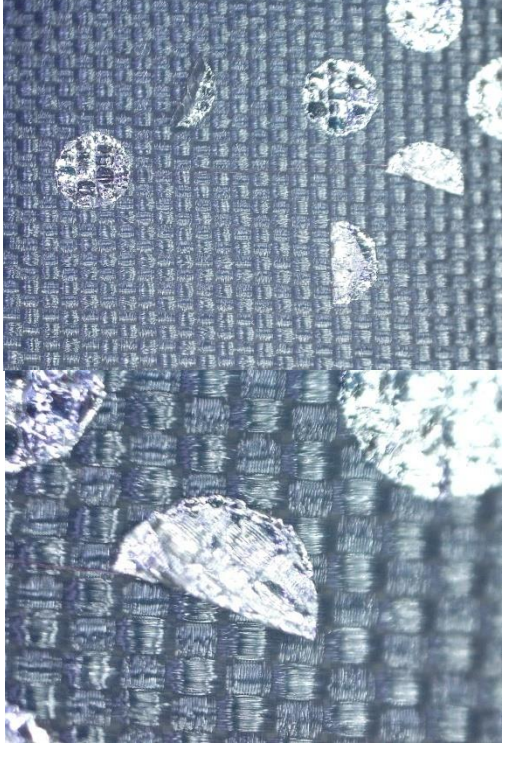
Нанесенный металлизированный слой на подкладочной ткани сохраняет тепло человеческого тела, так как частицы металла отражают выделяемое тепло. Металлизация наносится в виде геометрических фигур, расположенных на расстоянии для обеспечения паропроницаемости. Для металлизации используются частицы алюминия. Ткани вырабатываются полотняным переплетением [1...10].

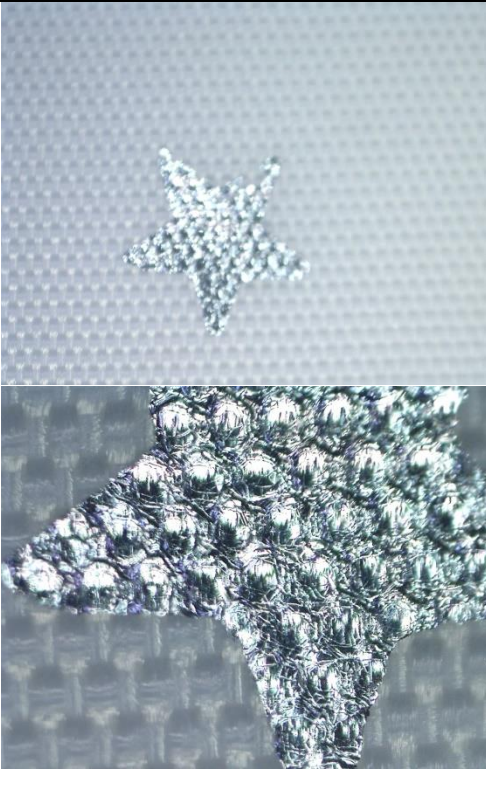
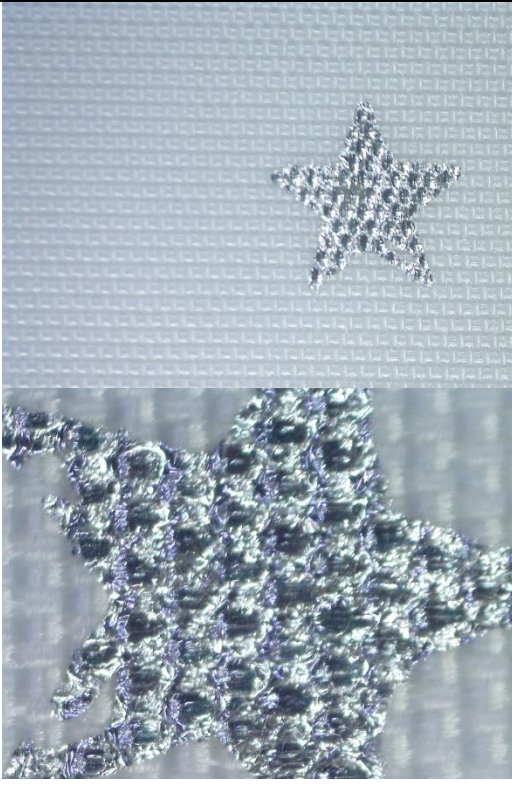
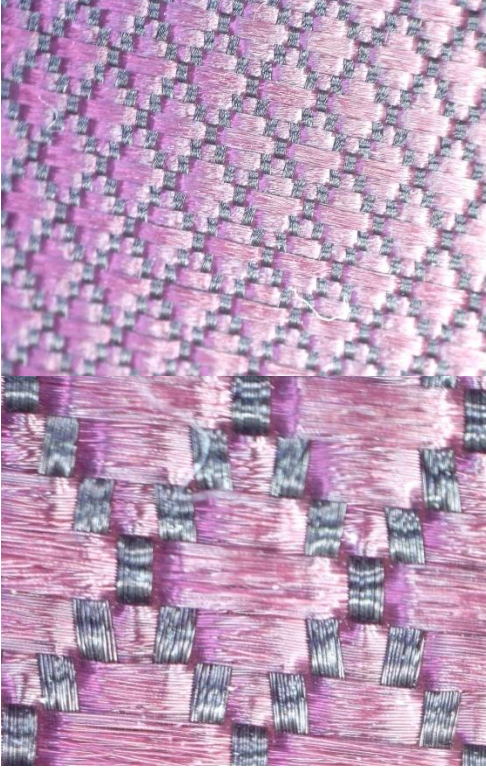
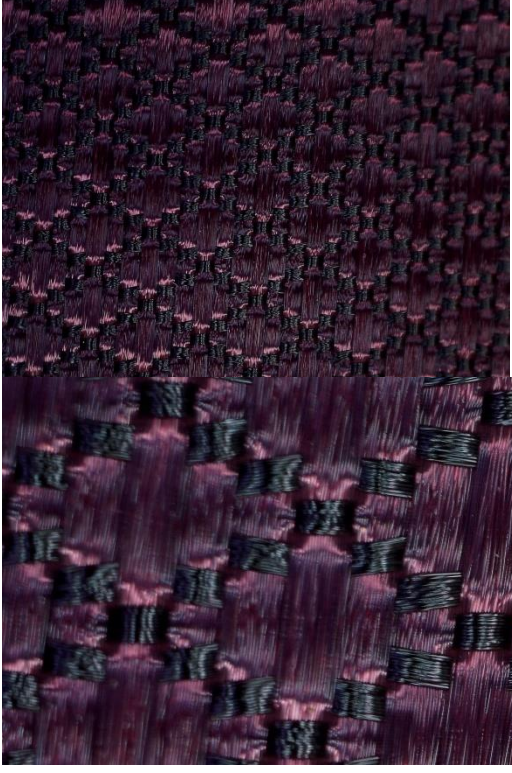
В качестве объектов исследования выбраны 4 металлизированные подкладочные ткани, выработанные из 100% полиэстера полотняным переплетением (табл. 1). У образца 1 металлизированный слой представлял собой нанесенный металл в виде кружков, расположенных ромбом, у образца 2 кружки были нанесены, образуя квадрат. У

образца 3 металлизация была нанесена в виде звездочек, расположенных на расстоянии друг от друга. В состав нитей образца 4 входили металлизированные филаменты.

Ткани подвергались 20 стиркам бытовым порошком в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6330. После 20 стирок у тканей 1-3 произошло разрушение металлизированного слоя, что окажет влияние на тепловые свойства готовых изделий.

Для подкладочных тканей важной является способность скользить по материалам одежды внутреннего слоя, так как она не должна стеснять движения, что повышает скорость реакции человека. При определении силы трения актуальным является исследование скорости скольжения колодки с материалом по испытываемому образцу. За основу была принята методика, указанная в ГОСТ 12.4.083-80 «ССБТ. Материалы для низа специальной обуви. Метод определения коэффициента трения скольжения».

Наименование	Без стирок	20 стирок
Образец 1, поверхностная плотность 60 г/м ²		
Образец 2, поверхностная плотность 65 г/м ² , металлизация в виде ромбов		

<p>Образец 3, поверхностная плотность 70 г/м², металлизация в виде звездочек</p>		
<p>Образец 4, поверхностная плотность 75 г/м²</p>		

Для проведения испытаний использована разрывная машина с постоянной скоростью деформирования. Погрешность по-

казаний не превышала $\pm 3\%$ от величины измеряемой силы.

Разработана установка, представленная на рис. 1 (1 – зажимы разрывной машины; 2 – стойка с направляющим роликом; 3 – трос; 4 – колодка, обтянутая материалом; 5, 6 – испытуемый материал; 7 – опорная поверхность, обтянутая материалом; 8 – стол).

Установка состоит из следующих частей: опорной поверхности, системы нагружения, включающей каретку и грузы, системы передачи движения, состоящей из роликов и тросов.

Образец плотно прижат в каретке. На опорную поверхность устанавливается каретка с закрепленным образцом. Образец должен выступать из каретки на 2,5-3 мм. Испытание проводят на трех образцах. Коэффициент трения скольжения вычисляют по формуле:

$$\mu = F/N,$$

где F – сила трения скольжения согласно

показаниям градуировочного графика, Н; N – нормальная сила, Н.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов трех испытаний. Допустимое отклонение от среднего значения не должно превышать 10%.

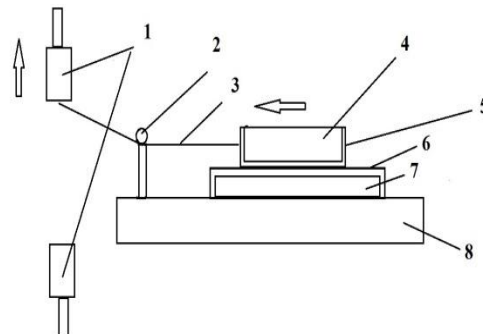


Рис. 1

Определение коэффициента трения скольжения осуществлялось по исследуемой ткани, трикотажному полотну для верхних изделий и сорочечной ткани (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Количество стирок	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Коэффициент трения скольжения по исследуемой ткани				
0	0,75	0,80	0,68	0,96
10	0,58	0,73	0,59	0,89
20	0,50	0,69	0,55	0,85
Коэффициент трения скольжения по трикотажному полотну для верхней одежды				
0	0,53	0,57	0,48	0,68
10	0,45	0,54	0,43	0,63
20	0,36	0,49	0,39	0,6
Коэффициент трения скольжения по сорочечной ткани				
0	0,61	0,65	0,55	0,78
10	0,52	0,61	0,51	0,74
20	0,45	0,58	0,48	0,72

Зависимость коэффициента трения скольжения от количества стирок определяется линейным законом следующего вида:

$$y = -ax + b,$$

где y – коэффициент трения скольжения; x – количество стирок; a, b – расчетные коэффициенты.

С увеличением количества стирок коэффициент трения скольжения снижается, так

как у подкладочных тканей стирается металлизированное напыление, что снижает гладкость тканей. Наибольшую величину показателя имеет образец 4, а наименьшую – образец 3. У полотна с большей площадью поверхности металлизации коэффициент трения скольжения будет наибольшим. Образец 4 имеет вплетенные металлизированные филаменты и переплетение, обеспечивающее гладкость поверхности, поэтому данное полотно также обладает высоким

значением коэффициента трения скольжения.

ВЫВОДЫ

Можно отметить, что коэффициент трения скольжения по трикотажному полотну для верхней одежды имеет наименьшие значения, а по исследуемой ткани – наибольшие. Это связано с тем, что трикотажное полотно имеет более рельефную опорную поверхность, что препятствует скольжению колодки, в то время как исследуемое полотно имеет гладкую структуру. Также коэффициент трения скольжения зависит от рисунка металлизации, нанесенного на поверхность полотна.

При выборе металлизированных подкладочных тканей целесообразно обратить внимание на прочность закрепления частиц металла на поверхности полотна, на расстояние между геометрическими фигурами, образованными при металлизации, так как, чем оно больше, тем меньше площадь теплоотражения и величина трения скольжения, следовательно, применение таких тканей оптимально для изготовления демисезонной одежды. Более плотный металлизированный слой позволяет обеспечить более высокое трение скольжения и теплоотражение, поэтому данные ткани целесообразно применять для одежды, используемой в зимний период.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фольгированная подкладка [Электронный ресурс]. Код доступа <https://marwari.ru/articles/folgirovannaya-podkladka>
2. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение: учебник. М.: КолосС, 2011. 360 с.
3. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М., Давыдов А.Ф., Буланов Я.И., Горшкова С.С., Гриднева Т.М., Демократова Е.Б., Курденкова А.В., Плеханова С.В., Чернышева Г.М. Текстильное материаловедение: лаб. практикум. Изд. 4-е, испр. и доп. М.: ИНФРА-М, 2021. 357 с.
4. Liu Y., Xiang Z., Wu Z., Hu X. Experimental investigation of friction behaviors of glass-fiber woven fabric // *Textile Research Journal*. 2023; 93(1-2):18-32. doi:10.1177/00405175221115468
5. Virto L., Naik A. Frictional Behavior of Textile Fabrics Part I: Sliding Phenomena of Fabrics on Metallic and Polymeric Solid Surfaces // *Textile Research Journal*. 1997; 67(11):793-802. doi:10.1177/004051759706701103

6. Virto L., Naik A. Frictional Behavior of Textile Fabrics: Part II: Dynamic Response for Sliding Friction. *Textile Research Journal*. 2000; 70(3):256-260. doi:10.1177/004051750007000313

7. Ramkumar S.S., Wood D.J., Fox K., Harlock S.C. Developing a Polymeric Human Finger Sensor to Study the Frictional Properties of Textiles: Part II: Experimental Results // *Textile Research Journal*. 2003;73(7):606-610. doi:10.1177/004051750307300708

8. Koza W.M. A New Instrument to Measure Textile Fiber Friction by a Yarn-to-Yarn Technique // *Textile Research Journal*. 1975;45(9):639-648. doi:10.1177/004051757504500901

9. Киселев А.М., Румянцев Е.В., Одинцова О.И., Румянцева В.Е. Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2022. № 2 (398). С. 121...133.

10. Есиркенова А.М., Ахметова Г.Ж., Садыков А.С., Абилкасым А.Б., Аширбаева С.Б. Влияние инновационных технологий и материалов на развитие текстильной промышленности // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2022. № 3 (387). С. 52...60.

REFERENCES

1. Foil lining [Electronic resource]. Access code <https://marwari.ru/articles/folgirovannaya-podkladka>
2. Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S. Textile materials science. Textbooks and studies. allowances for higher educational institutions. M.: KolosS, 2011. 360 p.
- 3]. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M., Davydov A.F., Bulanov Ya.I., Gorshkova S.S., Gridneva T.M., Demokratova E.B., Plekhanova S.V., Chernysheva G.M. Textile materials science: laboratory workshop. Ed. 4th, corrected and supplemented. M.: INFRA-M, 2021. 357 p.
4. Liu Y., Xiang Z., Wu Z., Hu X. Experimental investigation of friction behaviors of glass-fiber woven fabric // *Textile Research Journal*. 2023;93(1-2):18-32. doi:10.1177/00405175221115468
5. Virto L., Naik A. Frictional Behavior of Textile Fabrics Part I: Sliding Phenomena of Fabrics on Metallic and Polymeric Solid Surfaces // *Textile Research Journal*. 1997; 67(11):793-802. doi:10.1177/004051759706701103
6. Virto L., Naik A. Frictional Behavior of Textile Fabrics: Part II: Dynamic Response for Sliding Friction. *Textile Research Journal*. 2000; 70(3):256-260. doi:10.1177/004051750007000313
7. Ramkumar S.S., Wood D.J., Fox K., Harlock S.C. Developing a Polymeric Human Finger Sensor to Study the Frictional Properties of Textiles: Part II: Experimental Results // *Textile Research Journal*. 2003; 73(7):606-610. doi:10.1177/004051750307300708
8. Koza W.M. A New Instrument to Measure Textile Fiber Friction by a Yarn-to-Yarn Technique // *Textile Research Journal*. 1975; 45(9):639-648. doi:10.1177/004051757504500901
9. Kiselev A.M., Rumyantsev E.V., Odintsova O.I., Rumyantseva V.E. Modern technologies for obtaining textile materials with special properties and areas of

their application // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2 (398). Pp. 121...133.

10. *Esirkepova A.M., Akhmetova G.Zh., Sadykov A.S., Abilkasym A.B., Ashirbaeva S.B.* Influence of innovative technologies and materials on the development of the textile industry // Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 3 (387). Pp. 52...60.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 01.03.23.

УДК 677.01, 691-4

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_96

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО УРОВНЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ СПЕЦИАЛИСТОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

ENSURING THE REQUIRED LEVEL OF TECHNICAL TEXTILE QUALITY TAKING INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS OF SPECIALISTS OF CONSTRUCTION INDUSTRY

М.А. ЛЫСОВА¹, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА², Е.А. ГРИЦЕНКО², Б.Н. ГУСЕВ²

M.A. LYSOVA¹, N.A. GRUZINTSEVA², E.A. GRITSENKO², B.N. GUSEV²

(Ивановский государственный химико-технологический университет¹,
Ивановский государственный политехнический университет²)

(Ivanovo State of Chemistry and Technology University¹,
Ivanovo State Polytechnical University²)

E-mail: lysova7@yandex.ru, mtsm@ivgpu.com

Технический текстиль широко используется во всех отраслях промышленности: строительстве и транспорте, автомобильном и электротехническом производстве, медицине, спорте и других отраслях. Он также применяется в качестве армирующего наполнителя для композиционных материалов. К техническому текстилю относятся текстильные материалы с особым комплексом свойств, со специальными эксплуатационными, качественными и функциональными характеристиками. Для получения необходимого комплекса свойств в производстве технического текстиля используются, как правило, высокопрочные химические волокна и нити, стойкие к агрессивным средам и повышенной температуре, а для придания специальных свойств текстильные материалы подвергаются различным видам отделки: огнезащитной, масло-, водо-, грязеотталкивающей, противомикробной, антистатической и другим.

При проектировании требуемого уровня качества текстильного изделия технического назначения, используемого в строительном изделии, определяющей задачей является установление рациональной номенклатуры показателей качества, нахождение их расчетных и установление нормативных значений. С учетом выполнения этих операций усовершенствована методика проектирования качества потребительской продукции применительно для геотекстильных материалов за счет введения новых операций, которые позволили повысить достоверность самого процесса проектирова-

ния путем повышения надежности в развертывании требований потребителей через соответствующие качественные характеристики (свойства) в количественные показатели качества и установления их весомости, а общий уровень качества проектируемой продукции определялся через комплексный показатель.

Technical textiles are widely used in all industries: construction and transport, automotive and electrical industries, medicine, sports and other industries. It is also used as a reinforcing filler for composite materials. Technical textiles include textile materials with a special set of properties that have special performance, quality and functional characteristics. To obtain the required set of properties in the production of technical textiles, as a rule, high-strength chemical fibers and threads that are resistant to aggressive environments and elevated temperatures are used and to impart special properties, textile materials are subjected to various types of finishes: fire-retardant, oil-water-dirt-repellent, resinous (polymer binders), antimicrobial, antistatic and other types of treatment.

When designing the required quality level of a technical textile product used in a construction product, the defining task is to establish a rational nomenclature of quality indicators, find their calculated and establish standard values. Taking into account the implementation of these operations, the methodology for designing the quality of consumer products in relation to geotextile materials has been improved through the introduction of new operations that have made it possible to increase the reliability of the design process itself by increasing the reliability in deploying consumer requirements through the corresponding qualitative characteristics (properties) into quantitative quality indicators and establishing their weight, and the overall quality level of the designed products was determined through a complex indicator.

Ключевые слова: технический текстиль, проектирование, факторное пространство, качество, оценка.

Keywords: technical textiles, design, factor space, quality, evaluation.

Введение

Технический текстиль в настоящее время широко используется практически во всех отраслях: строительстве и транспорте, автомобильной и электротехнической промышленности, медицине, спорте и других отраслях [1], [2]. Он имеет особое значение, являясь армирующим наполнителем для композиционных материалов. К техническому текстилю относятся текстильные материалы с особым комплексом свойств, со специальными эксплуатационными, качественными и функциональными характеристиками. Для получения необходимого комплекса свойств в производстве технического текстиля используются, как правило,

высокопрочные химические волокна и нити, стойкие к агрессивным средам и повышенной температуре. С целью придания специальных свойств текстильные материалы подвергаются различным типам отделки: огнезащитной, масло-, водо-, грязеотталкивающей, противомикробной, антистатической и другим [3], [4], [5].

При проектировании требуемого уровня качества используемого в строительном изделии текстильного изделия технического назначения определяющей задачей является установление рациональной номенклатуры показателей качества, нахождение их расчетных и установление нормативных значений.

Методы и объект исследования

Развитию методов прогнозирования (проектирования) свойств текстильных материалов уделяется постоянное внимание [6]. Тем не менее наиболее распространенным в проектировании качества промышленной продукции является метод [7], известный под названием «Функция развертывания качества» (Quality Function Deployment – QFD). Основной операцией данного процесса проектирования качества продукции является первоначальное выявление общих требований потребителей к свойствам продукции. Однако данный метод имеет существенный недостаток, связанный с тем, что при выявлении общих требований к продукции путем опроса потребителей последние не всегда владеют объективной информацией о реальных свойствах продукции и раскрывают свои суждения в абстрактных понятиях, отличающихся от рекомендуемой терминологии и номенклатуры показателей качества, которая в каждом отдельном случае для соответствующей проектируемой продукции должна быть уточнена.

В качестве технического текстиля выбрано геотекстильное полотно торговой марки «Геоманит» ООО «НИПРОМТЕКС», которое широко используется при строительстве и ремонте автомобильных дорог. К данному виду полотен предъявляются определенные требования по качеству: эксплуатационные, экономические, технологические и экологические [8]. Новые операции по совершенствованию используемой базовой методики проектирования качества состояли в дополнительном введении качественных характеристик (свойств) геотекстильного полотна и построении комплексного показателя качества, что повышает достоверность самого процесса прогнозирования требуемого уровня качества на основе мнений специалистов в области дорожного строительства.

С учетом ранее проведенных работ для бытового текстиля [9], [10] выделим основные этапы (операции) проектирования качества искомого технического текстиля:

- выявление требований специалистов

строительной отрасли и установление приоритетных их потребительских мнений;

- выделение качественных характеристик на основе созданной базы данных свойств для технического текстиля;

- определение весомости свойств технического текстиля;

- выделение по каждому свойству наиболее информативной количественной характеристики с присвоением ей в дальнейшем статуса единичного показателя качества;

- осуществление перерасчета коэффициентов весомости по используемым показателям качества;

- установление нормативных (базовых) значений показателей качества [11];

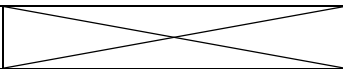
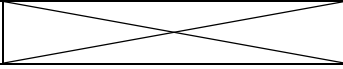
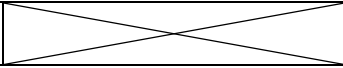
- построение комплексного показателя качества с одновременным установлением соответствия требуемому уровню качества.

С учетом выделенной последовательности операций проектирования выбранного объекта исследования (нетканого геополотна) первоначально был произведен опрос специалистов дорожной отрасли, работающих на кафедре транспорта и автомобильных дорог в ИВГПУ, на предмет выявления их требований к нетканым геотекстильным материалам, которые в максимальной степени способны удовлетворить их пожелания при строительстве автомобильных дорог на участках с повышенной влажностью. Оценка важности предъявляемых требований также была возложена на потребителя с учетом принятой шкалы порядка: очень ценно (5 баллов); ценно (4 балла); менее ценно, но хорошо бы иметь (3 балла); не очень ценно (2 балла); не представляет ценности (1 балл). Данные опроса приведены в табл. 1. Представленные данные обработаны методом факторного анализа. Основными этапами этого метода являются первоначальное выделение факторов, вращение факторной структуры, ее интерпретация и факторное шкалирование. Поэтому первоначально сформировали факторное пространство (табл. 2) с кодированными обозначениями требований потребителей, свойствами и показателями качества нетканого геополотна.

Таблица 1

Требования строителей	Обозначение	Оценка
Является хорошим фильтром	Z1	5
Обладает высокой прочностью	Z2	5
Долго служит	Z3	4
Устойчив к различным воздействиям	Z4	4
Обладает хорошей упругостью	Z5	3
Устойчив к различным температурным воздействиям	Z6	3
Обладает биологической инертностью	Z7	2

Таблица 2

Этапы проектирования	Наименование группы факторов	Кодирование факторов
1	Требования строителей	$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$
	↓	
2	Группы (строения, геометрические, механические и другие) свойств	
	↓	
3	Простые свойства	$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$
	↓	
4	Количественные показатели свойств	
	↓	
5	Группы (назначения, эксплуатационной надежности, технологичности, безопасности и другие) показателей качества	
	↓	
6	Показатели качества технического текстиля	$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$

На этапе выделения свойств нетканых геотекстильных материалов воспользова-

лись соответствующими матрицами свойств [8] (см. в качестве примера табл. 3).

Таблица 3

Требования строителей	Матрица механических свойств технического текстиля (при деформации растяжения)		
	Характер испытания	Вид испытания	Наименование свойства
Обладает высокой прочностью (Z ₂) Обладает хорошей упругостью (Z ₅)	Без разрушения (неразрывные характеристики)	Полуцикловые	Жесткость
			Податливость
			Напряженность
			Ползучесть
		Деформация	
		Одноцикловые	Упругость
			Эластичность
	Пластичность		
	С разрушением (разрывные характеристики)	Многоцикловые	Усталость
		Полуцикловые	Прочность
Многоцикловые			Выносливость
			Долговечность

В результате получили следующий список свойств исследуемого геотекстильного полотна: прочность (на растяжение) (Y_1); материалоемкость (Y_2); фильтрационная способность (Y_3); химическая стойкость (кислотные и щелочные среды) (Y_4); деформация (удлинение) (Y_5); морозостойкость (Y_6); термостойкость (Y_7); водопроницаемость (Y_8); стабильность размеров (Y_9) и биостойкость (Y_{10}).

На этапе установления значимости выявленных свойств геополотен вводили шкалу порядка по установлению тесноты

связи (сильная – 9 баллов; средняя – 5 баллов; слабая – 1 балл) между требованиями строителей и свойствами геотекстиля. В центральном поле табл. 4 отмечали в баллах зависимость между требованиями потребителей и качественными характеристиками. Например, требование «является хорошим фильтром» (Z_1) сильно коррелирует со свойством фильтрационная способность (Y_2), средняя корреляция связана со свойством водопроницаемость (Y_1) и имеет слабую корреляцию со свойством материалоемкость (Y_3).

Т а б л и ц а 4

Оценка строителей		Свойства технического текстиля									
		Y_8	Y_3	Y_2	Y_1	Y_5	Y_6	Y_7	Y_{10}	Y_4	Y_9
Z_1	5	5	9	1							
Z_2	5			5	9	1					
Z_3	4			1	9						1
Z_4	4				5					9	
Z_5	3		1	5		9					5
Z_6	3						9	9			
Z_7	2								9		
Значимость y_i		25	48	49	101	33	27	27	18	36	19

Далее на основании числовых значений весомости показателей выделили наиболее значимые качественные показатели: фильтрационная способность, материалоемкость, прочность, деформация (удлинение), морозостойкость, термостойкость, химическая стойкость. В дальнейшем с использованием базы данных по количественным характеристикам свойств установили требуемые с присвоением им статуса единичных показателей качества (табл. 5).

На следующем этапе для единичных показателей качества осуществляли перерасчет их значимости в соответствии со значимостью их свойств (см. табл. 5). Методика перерасчета значимости заключалась в следующем: пусть качественной характери-

стике Y_i , $i = \overline{1, 7}$ (значимость y_i) соответствует k единичных показателей качества. Тогда получение нормированного балла значимости данной качественной характеристики (y'_i) осуществляем по формуле:

$$y'_i = y_i k / \sum_{i=1}^7 y_i k, i = \overline{1, 7}.$$

Приведем пример. Свойству Y_1 (прочность), значимость которого составляет $y_1 = 101$, соответствует два единичных показателя качества: X_1 (разрывная нагрузка в продольном направлении) и X_2 (разрывная нагрузка в поперечном направлении). Нормированная значимость y'_1 определяется:

$$y'_1 = \frac{101 \cdot 2}{101 \cdot 2 + 49 + 48 \cdot 3 + 36 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 27 + 27} = 0,344.$$

В этом случае нормированную значимость α_1 и α_2 каждого из показателей X_1 и

X_2 вычисляем следующим способом:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{0,344}{2} = 0,172.$$

Используя данную методику, в итоге получили список единичных показателей ка-

чества нетканых геополотен с указанием их значимости (см. табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Свойство	Значимость Y_i	Показатели качества				
		обозначение	единица измерения	значение		весомость α_i
				$X_{рас}$	$X_{нор}$	
Y_1	101	X_1	кН/м	300	280	0,172
		X_2	кН/м	400	380	0,172
Y_2	49	X_3	г/м ²	257	243	0,084
Продолжение табл. 5						
Y_3	48	X_4	м/сут	130	130	0,082
		X_5	м/сут	130	130	0,082
		X_6	мм	0,005	0,005	0,082
Y_4	36	X_7		0,95	0,97	0,061
		X_8		0,30	0,35	0,061
Y_5	33	X_9	%	0,88	0,90	0,056
		X_{10}	%	0,88	0,90	0,056
Y_6	27	X_{11}		0,87	0,90	0,046
Y_7	27	X_{12}		0,89	0,90	0,046

Комплексный показатель качества (КПК)

вычисляли с помощью выражения [9]:

$$КПК = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{\|X_i\|} \right)^{sgnb} \alpha_i, \quad \alpha_i = 0,96, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.$$

$$sgnb = \begin{cases} +1, & \text{если } X_i < \|X_i\|, \\ -1, & \text{если } X_i > \|X_i\|, \\ 0, & \text{если } X_i = \|X_i\|. \end{cases}$$

где $X_i, \|X_i\|$ – соответственно расчетное и проектированное значения i -го показателя качества.

показатели качества и установления их весомости, а общий уровень качества проектируемой продукции определялся через комплексный показатель.

Согласно общепринятым уровням градации качества продукции отмечаем, что КПК, находящийся в пределах 0,81...1,00, соответствует высокому значению потребительского качества исследуемого геотекстильного полотна.

ЛИТЕРАТУРА

ВЫВОДЫ

Усовершенствована известная методика [7] проектирования качества потребительской продукции применительно к геотекстильным материалам за счет введения новых операций, которые позволили повысить достоверность самого процесса проектирования путем повышения надежности в развертывании требований потребителей через соответствующие качественные характеристики (свойства) в количественные

1. Есиркепова А.М., Абельданова А.Б., Тулеметова А.С. и др. Технический текстиль: перспективы и развитие рынков потребления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №1. С.104...112.

2. Столяров О.Н., Горшков А.С. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2009. №4. С. 21...25

3. Клюев С.В., Клюев А.В., Шорстова Е.С. Фибробетон для 3-D аддитивных технологий // Строительные материалы и изделия. 2019. №4. С. 14...20.

4. Боцман А.С., Бальзанникова М.И., Галицкова К.С. и др. Применение тканых геосинтетических материалов в России // Пути улучшения качества автомобильных дорог. Самара: Изд-во Самар. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. С. 19...22.

5. Румянцев Е.В., Степанов С.Г., Киселев М.В., Матрохин А.Ю., Трещалин М.Ю. Полимерные ком-

позиционные материалы на волокнистой основе: тенденции развития, характеристики, научные направления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6 (396). С. 14...20.

6. Шустов Ю.С. Современные методы прогнозирования свойств текстильных материалов. М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2018. 234 с.

7. Брагин Ю.В., Корольков В.Ф. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителя. Ярославль: Центр качества, 2003. 240 с.

8. СТО 63165618-002-2010. Полотна нетканые геотекстильных марок «Геоманит» для строительства.

9. Лысова М.А., Ломакина И.А., Лунькова С.В., Гусев Б.Н. Математические методы в проектировании и оценивании качества текстильных материалов и изделий. Иваново: ИГТА, 2012. 252 с.

10. Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Синяева И.Н., Гусев Б.Н. Выделение качественных характеристик производственной продукции // Методы менеджмента качества. 2011. № 6. С. 42...45.

11. Пухова Е.И., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Определение базовых значений показателей качества конкурентоспособной геотекстильной продукции // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №3. С. 287...290.

REFERENCES

1. Esirkepova A.M., Abeldanova A.B., Tulemetova A.S. and others. Technical textiles: prospects and development of consumer markets // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019, No. 1. P. 104...112.

2. Stol'yarov O.N., Gorshkov A.S. The use of high-strength textile materials in construction // Engineering and construction magazine. 2009. No. 4. S. 21 ... 25.

3. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Shorstova E.S. Fiber-reinforced concrete for three-dimensional additive technologies // Building materials and products. 2019. No. 4. P. 14...20.

4. Botsman A.S., Balzannikova M.I., Galitskova K.S. The use of woven geosynthetic materials in Russia // Ways to improve the quality of highways. Samara: Publishing House of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2015. S. 19...22.

5. Rummyantsev E.V., Stepanov S.G., Kiselev M.V., Matrokhin A.Yu., Treschalin M.Yu. Polymer composite materials on a fibrous basis: development trends, characteristics, scientific directions // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 6 (396). S. 14...20.

6. Shustov Yu.S. Modern methods for predicting the properties of textile materials (monograph). М.: RGU im. A.N. Kosygin, 2018. 234 p.

7. Bragin Yu.V., Korolkov V.F. The QFD Path: Design and manufacture products based on customer expectations. Yaroslavl: Quality Center, 2003. 240 p.

8. СТО 63165618-002-2010. Non-woven geotextile fabrics Geomanit for construction.

9. Lysova M.A. Mathematical methods for designing and assessing the quality of textile materials and products / M.A. Lysova, I.A. Lomakina, S.V. Lunkova, B.N. Gusev. Ivanovo: IGTA, 2012. 252 p.

10. Lysova M.A. Allocation of qualitative characteristics of industrial products / M.A. Lysova, N.A. Gruzintseva, I.N. Sinyaeva, B.N. Gusev // Methods of quality management. 2011. No. 6. S. 42... 45.

11. Pukhova E.I., Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N. Determination of basic values of quality indicators of competitive geotextile products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022, No. 3. S. 287...290.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения, метрологии и стандартизации ИВГПИУ. Поступила 20.03.23.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОДОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE WATERPROOF PROPERTIES OF MATERIALS TAKING INTO ACCOUNT THE ACTION OPERATIONAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS

М.В. ЗИМИНА, Л.Л. ЧАГИНА

M.V. ZIMINA, L.L. CHAGINA

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: ziminamv1977@rambler.ru, lyu-chagina@yandex.ru

В статье предложена методика оценки устойчивости материалов к проникновению воды с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов. Проведены комплексные экспериментальные исследования водозащитных свойств материалов курточного ассортимента для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями, приближенные к условиям эксплуатации данного ассортимента изделий, которые подтвердили целесообразность дифференцированного подхода к конфекционированию материалов в пакеты одежды для маломобильных граждан. Выявлено, что при проектировании и оценке качества одежды с водозащитной функцией целесообразно учитывать специфику эксплуатационных воздействий в процессе носки, технологические факторы и конструктивные особенности изделий. По данным эксперимента рассчитаны обобщающие комплексные показатели качества, которые позволили выявить материалы с максимальным ресурсом водозащитных свойств по совокупности единичных показателей. Результаты исследований могут быть использованы на стадии проектирования адаптивной одежды при выборе материалов и конструкторско-технологических решений.

The article proposes a methodology for assessing the resistance of materials to water penetration, taking into account the action of operational and technological factors. Comprehensive experimental studies of the water-protective properties of the materials of the jacket assortment for adaptive clothing of people with limited motor abilities, close to the operating conditions of this product range, have been carried out, which confirmed the feasibility of a differentiated approach when confecting materials into clothing packages for small-mobile citizens. It is revealed that when designing and evaluating the quality of clothing with a waterproof function, it is advisable to take into account the specifics of operational impacts during wear, technological factors and design features of products. According to the experimental data, generalizing complex quality indicators were calculated, which made it possible to identify materials with the maximum resource of water-protective properties according to the totality of individual indicators. The results of the research can be used at the design stage of adaptive clothing in choosing materials and design and technological solutions.

Ключевые слова: водозащитные свойства материала, эксплуатационные и технологические факторы, комплексная оценка, адаптивная одежда.

Keywords: waterproof properties of the material, operational and technological factors, comprehensive assessment, adaptive clothing.

Введение

Защита от воздействия факторов окружающей среды, таких, как атмосферные осадки в виде дождя и снега, холод, является одной из важнейших функций одежды курточного ассортимента. На основе анализа отзывов потребителей и по результатам проведенного экспертного исследования выявлено, что одной из значимых характеристик, определяющих качество верхней адаптивной одежды, является водозащитная функция материала. Для оценки устойчивости текстильных материалов к проникновению воды применяют различные показатели: водонепроницаемость, водоупорность, водоотталкивание. Обратными характеристиками являются водопроницаемость и намокаемость.

Методы исследования

Детальное рассмотрение отечественных и зарубежных нормативных документов, анализ научных исследований по оценке водозащитных свойств текстильных материалов и изделий [1-10] показывают, что существует два различных подхода к определению устойчивости текстильных полотен к действию воды, а именно: испытания по принципу дождевания и по способности сопротивляться проникновению воды при наличии гидростатического или гидродинамического давления, при этом на сегодняшний день не существует четкой градации между понятиями *водонепроницаемость*, *водоупорность* и *водоотталкивание*. Как правило, под водонепроницаемостью и водоупорностью понимают устойчивость к проникновению воды при наличии гидростатического или гидродинамического давления; водоотталкивание – способность сопротивляться смачиванию от дождевых капель. Водонепроницаемость (водоупорность) характеризуют минимальным давлением или максимальной высотой слоя воды, при которых начинается ее про-

никновение через материал, а также временем, по истечении которого третья капля или определенный объем воды проходит через материал при постоянном давлении воды или при падении капель с определенной высоты. Водоотталкивание определяется по состоянию поверхности материала после дождевания. Испытание по ГОСТ 30292-96 методом дождевания [2] предусматривает использование, кроме показателей водоупорности, водопроницаемости и водоотталкивания, показателя намокаемости.

К свойствам материалов для одежды маломобильных людей предъявляются повышенные требования [11-13]. В процессе эксплуатации адаптивная одежда верхнего ассортимента должна обеспечивать комфорт маломобильного человека длительное время, при этом создание изделий высокого качества базируется на правильном конфекционировании материалов.

Оценка способности материалов к скапыванию воды, попавшей на поверхность по принципу дождевания, в большей степени соответствует реальным условиям носки, поскольку в процессе эксплуатации адаптивной одежды, например чехлов для ног, при действии атмосферных осадков на поверхности изделия может образовываться определенное скопление воды.

При проведении испытаний используется проба в форме круга диаметром 170 ± 1 мм, которую плотно зажимают между двумя кольцами, формируя заданный прогиб для заполнения водой, и укрепляют лицевой стороной вверх на опорный элемент. С помощью аэрозольного распылителя на поверхность образца равномерно в течение 25...30 с распыляется 250 мл воды. После распыления элементарная проба оставляется на 2 часа, после чего осуществляется стряхивание оставшейся воды с образца и оценка состояния поверхности

в условных единицах в соответствии с эталонами ГОСТ 30292-96 [2]. При этом для более объективной количественной оценки в интервале от 0 до 50 условных единиц введена дополнительная оценка состояния поверхности образца: намокает вся лицевая сторона пробы, а на изнаночной стороне намокание пробы превышает 1/2 части поверхности (30 условных единиц).

При анализе пригодности материалов для изготовления водозащитной одежды наибольшую значимость приобретает надежность как свойство сохранять первоначальное значение водонепроницаемости, иначе назначение такой одежды не может быть обеспечено [10]. В предлагаемой методике для оценки и прогнозирования водозащитной функции адаптивной одежды с целью дальнейшего учета при конфекционировании и проектировании изделий предусмотрены экспериментальные исследования устойчивости материалов к проникновению воды с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов. Исследование и оценка водозащитных свойств материалов с применением разработанной методики осуществляется в несколько этапов с учетом влияния наиболее значимых факторов производства и эксплуатации.

В частности, при эксплуатации адаптивной одежды курточного ассортимента наиболее интенсивно происходит механический износ текстильного материала в местах, подверженных трению, что приводит к снижению водозащитных свойств за счет разрушения покрытия и повреждения структуры основы. Значимой причиной изменения водонепроницаемости швейного изделия являются многократно повторяющиеся циклические деформации различного характера, так как для одежды несвойственно статическое состояние [9]. Кроме того, исследуемый ассортимент изделий подвержен многократным стиркам. Исходя из этого в качестве воздействий, характерных для условий носки верхней адаптивной одежды, выбраны многократные мокрые обработки, истирание и многоцикловые двухосные деформации растяжения.

Исследование и оценка влияния истирающих воздействий на водозащитные свойства материалов осуществлялись в два этапа: механический износ до момента изменения цвета материалом и истирание заданным количеством циклов (1000 циклов). Количество циклов определено экспериментально. В адаптивной одежде человека в инвалидном кресле, совершающего однотипные характерные движения при управлении средством передвижения, подобные результаты износа можно наблюдать после 2-5 лет эксплуатации в зависимости от вида материала.

Согласно разработанной методике вторым эксплуатационным воздействием является стирка, проходящая в 2 этапа. Первый этап соответствует 5 циклам стирки в течение 30 минут при $t=30^{\circ}\text{C}$, второй этап – 10 стирок при тех же условиях. Стирки выполнялись в соответствии с рекомендациями по уходу.

В качестве третьего эксплуатационного воздействия выбрана двухосная циклическая деформация растяжения. Испытания осуществлялись на разрывной машине, подключенной к персональному компьютеру. Для управления и считывания результатов использована специализированная программа STRAIN v1.0. Конструктивно устройство состоит из станины, модулей линейного перемещения, металлических планок-зажимов и сервопривода, включающего инкрементный преобразователь угловых перемещений (инкрементный энкодер), электромотор с редуктором, блок питания и управления [14].

Наряду с эксплуатационными воздействиями на защитные свойства одежды влияют технологические факторы производства. Один из значимых параметров снижения водозащитных свойств – наличие швов в изделии: нарушение герметичности в первую очередь наблюдается в местах соединения деталей. Поэтому в качестве технологического фактора выбраны ниточные соединения различных конструкций, выполненные с применением универсального швейного оборудования. Испытания проб со швами осуществлялись по аналогичной

методике до появления на изнаночной стороне материала влажного пятна или первой капли воды. Осмотры производились с промежутком в 30 мин. В качестве критерия водозащитных свойств принято время, за которое произошло промокание элементарной пробы.

Результаты

В качестве объектов исследований использованы образцы материалов с водоот-

талкивающей пропиткой и полимерным покрытием, применяемые при производстве верхней адаптивной одежды (накидок, чехлов для ног, комбинезонов и т. п.) для людей с ограниченными двигательными возможностями (табл. 1).

Таблица 1

Номер и наименование материала	Переплетение	Покрытие	Поверхностная плотность Ms, г/м ²	Толщина материала b, мм
1. Оксфорд R/S PU	Рогожка с добавлением армированной нити	Одностороннее полиуретановое	249	0,4
2. Материал с мембранным покрытием	Саржевое	Одностороннее полиуретановое	150	0,2
3. Оксфорд R/S	Рогожка с армированной нитью	Без покрытия	232	0,3
4. Дюспо 240Т	Плотняное	Одностороннее полиуретановое	71	0,1
5. Курточная ткань	Плотняное	Одностороннее полиуретановое	93	0,2
6. Оксфорд R/S PU honeysomb	Ромбовидная саржа с добавлением армированной нити	Водоотталкивающая пропитка PU	205	0,3

В ходе исследования выявлено (табл. 2), что у материалов Оксфорд R/S PU, Дюспо 240Т, Оксфорд R/S PU honeysomb и материала с мембранным покрытием после проведения испытания на лицевой стороне после стряхивания не остаются капли воды. Такая степень устойчивости материала к проникновению воды оценивается показателем 100 условных единиц в соответствии

со стандартными эталонами [2]. У материала Оксфорд R/S намокание пробы превышает 1/3 часть лицевой поверхности, при этом изнаночная сторона остается сухой. Курточная ткань имеет самые низкие водоотталкивающие характеристики: намокает вся лицевая сторона пробы, но при этом на изнаночной стороне пятна намокания отсутствуют.

Таблица 2

Номер пробы	Показатель водозащитных свойств исходной пробы, усл. ед.	Показатель водозащитных свойств после воздействия							КПК		
		эксплуатационное						технологическое		G _j	K _{Gj}
		истирание, усл. ед.		стирка, усл. ед.		двухосные деформации растяжения, усл. ед.	стачной шов, ч	настрочной шов, ч			
		1 этап	2 этап	1 этап	2 этап						
1	100	100	80	100	90	90	5.0	4.5	0,97	0,93	
2	100	90	60	100	90	90	5.5	5.0	0,92	0,84	
3	70	60	50	70	60	50	3.5	3.0	0,6	0,58	
4	100	90	60	100	80	80	2.5	2.0	0,65	0,51	
5	60	50	30	60	50	50	2.5	2.0	0,52	0,46	
6	100	100	80	100	90	80	5.0	4.5	0,97	0,93	

Анализируя результаты испытаний проб, подвергнутых механическому износу, можно сделать вывод о целесообразности

оценки водоотталкивающих свойств с учетом истирающих воздействий. Из четырех материалов с полной герметичностью ис-

ходных проб после первого этапа истирания лишь два образца – Оксфорд R/S PU и Оксфорд R/S PU honeycomb с полиуретановым покрытием – не изменили первоначального значения. У остальных материалов обнаружено снижение устойчивости материала к проникновению воды: не более 10 условных единиц после первого цикла истирания и до 40 после второго по сравнению с исходной пробой. Ухудшение показателя водозащитных свойств произошло за счет частичной потери водоотталкивающего слоя или нарушения структуры текстильного материала.

После первого этапа стирки устойчивость материалов к проникновению воды не изменилась по сравнению с исходной. В результате второго этапа многократных стирок исследуемый показатель снизился на 10-20 условных единиц (см. табл. 2).

По результатам испытаний проб, подвергнутых многоцикловым двухосным деформациям растяжения, можно сделать вывод, что данный фактор находится на втором месте после истирающих воздействий по уровню снижения водозащитных свойств исследуемых материалов (см. табл. 2).

На рис. 1 показаны значения показателей водозащитных свойств исходных проб и после трех видов эксплуатационных воздействий.

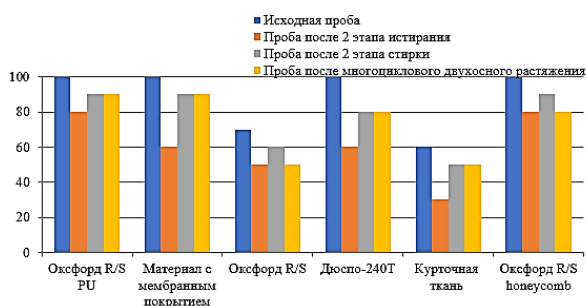


Рис. 1

Анализ результатов испытаний проб со швом позволяет констатировать максимально негативное влияние швов на водозащитные свойства в сравнении с исследуемыми эксплуатационными воздействиями. При наличии конструктивного членения у всех материалов в интервале эксперимен-

тального исследования 2,0...5,5 часа на изнаночной стороне материала наблюдалось появление влажного пятна или первой капли воды (см. табл. 2). Лучший результат у материала с мембранным покрытием, нарушение герметичности которого произошло через 5,5 часа воздействия. Сравнение влияния швов различной конструкции не выявило принципиальной разницы в изменении показателя водозащитных свойств в зависимости от вида шва. Вместе с тем настрочной шов в сравнении со стачным в несколько большей степени снижает устойчивость к проникновению воды.

Полученные результаты подтверждают необходимость повышения герметичности изделий в местах соединения деталей. Одним из способов повышения устойчивости швов к проникновению воды является проклеивание швов пленкой.

Проведено дополнительное исследование проб со швами, проклеенными пленкой, которое показало, что исходные непромокаемые швы за счет наличия пленки после истирания в течение 1800-2000 циклов начинают пропускать воду на изнаночную сторону материала. Таким образом, проклеивание швов пленкой можно рекомендовать как средство повышения герметичности участков изделия с членениями, открытыми для воздействия воды.

Конструктивным способом повышения водозащитных свойств изделий при наличии швов является рациональное уменьшение их количества в изделии или смещение членений в области, менее подверженные попаданию осадков, например, смещение плечевого шва на полочку, уменьшение (исключение) количества членений в поясных изделиях и мешках для ног.

Заключительным этапом исследования изменения уровня водозащитных свойств материалов после воздействий, имитирующих реальные условия, явилась количественная комплексная оценка, которая позволила выявить наилучшие образцы материалов для адаптивной одежды по совокупности показателей свойств с учетом влияния исследуемых эксплуатационных и технологических факторов.

Каждый единичный показатель качества (ЕПК) характеризуется двумя параметрами – относительным значением показателя и весомостью. При составлении перечня ЕПК учитывалось требование включения в комплексный показатель качества (КПК) единичных показателей в достаточном, но минимально возможном количестве. В качестве единичных показателей, входящих в состав комплексного, на основе проведенных экспериментальных исследований для комплексной оценки водозащитных свойств материалов с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов выделены показатели водозащитных свойств: после завершающего этапа истирания (n_1), после воздействия двух этапов многократных стирок (n_2), после многоциклового двухосного растяжения (n_3), после выполнения настрочного соединительного шва (n_4).

Для вычисления комплексного показателя качества определены коэффициенты значимости единичных свойств экспертным методом по опросу 12 экспертов – специалистов в данной области – по 10-балльной оценке важности выбранных свойств. Коэффициент значимости i -го свойства определен по формуле:

$$a_i = \frac{B_i}{\sum B_i}, \quad (1)$$

где B_i – средний балл для значимости i -го свойства; $\sum B_i$ – сумма средних баллов всех экспертов.

Рассчитанные коэффициенты значимости для выбранных единичных показателей качества принимают соответственно значения $a_1=0,28$; $a_2=0,16$; $a_3=0,23$, $a_4=0,33$.

Расчет обобщенного показателя качества осуществлен по нижеприведенным формулам с использованием средней геометрической и комбинированной комплексных оценок.

Средняя геометрическая комплексная оценка рассчитывается по формуле

$$G_j = Q_{j1}^{j_1^1} Q_{j2}^{j_2^2} \dots Q_{jn}^{j_n^n} = \prod_{i=1}^n Q_{ji}^{j_i}, \quad (2)$$

где Q_{ji} – безразмерная (относительная) величина i -го показателя качества; J_i – коэффициент весомости i -го показателя; n – число показателей качества.

При расчете относительных показателей качества за базовое значение принималось максимальное значение исследуемого показателя по каждому виду воздействия.

Комбинированная комплексная оценка определяется как средняя геометрическая из средней арифметической комплексной оценки K_j и наихудшего показателя качества Q_x по формуле:

$$K_{Gj} = \sqrt{K_j Q_x}. \quad (3)$$

Средняя арифметическая комплексная оценка K_j рассчитывается по формуле:

$$K_j = \sum_{i=1}^n Q_{ji} J_i. \quad (4)$$

С учетом действия эксплуатационных и технологических факторов (многоцикло-вые стирающие нагрузки, многократные стирки, многоциклового двухосного деформации растяжения, наличие соединительного шва) выявлены материалы с максимальным уровнем водозащитных свойств: Оксфорд R/S с полиуретановым покрытием (№1 и №6) и материал с мембранным покрытием (№2). Минимальной герметичностью обладает образец курточной ткани № 5. Для изготовления поясных изделий, особенно мешков для ног, можно рекомендовать материалы Оксфорд R/S PU с максимальной устойчивостью к проникновению воды после многократного износа и технологического воздействия. Более рациональным из исследуемых для изготовления плечевой верхней адаптивной одежды является материал с мембранным покрытием, не только обладающий одним из наиболее длительных ресурсов водозащитных свойств, но и дополнительно обеспечивающий комфортные условия микроклимата в пространстве под одеждой в процессе эксплуатации за счет высокой паропроницаемости [12].

ВЫВОДЫ

Для прогнозирования устойчивости одежды к проникновению воды в процессе носки целесообразно оценивать водозащитные свойства материалов с учетом специфических особенностей эксплуатационных и технологических воздействий.

Производственные факторы и механический износ в процессе эксплуатации оказывают неблагоприятное воздействие на материалы, приводя к снижению водозащитной функции изделия за счет разрушения водоотталкивающего покрытия и повреждения структуры материала.

Используемая комплексная оценка позволила выявить образцы с максимальным значением водозащитных свойств после воздействий, имитирующих длительную эксплуатацию.

Повышение уровня водозащитных свойств показателей возможно на стадии проектирования за счет выбора оптимальных систем материалов и рациональных конструкторско-технологических решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Smith W.C.* Smart Textile Coatings and Laminates. 2nd ed. Elsevier: Wood head Publishing Ltd, 2018. 290 p.
2. ГОСТ 30292-96 (ИСО 4920-81). Полотна текстильные. Метод испытания дождеванием.
3. *V. Haule, Lutamyo Nambela.* Advances in waterproof technologies in textiles Functional and Technical Textiles. The Textile Institute Book Series. 2023, Pages 275-291. <https://doi.org/10.1111/cote.12170>
4. *Wen Zhou, Xiaobao Gong, Yang Li, Yang Si, Shichao Zhang.* Environmentally friendly waterborne polyurethane nanofibrous membranes by emulsion electrospinning for waterproof and breathable textiles Chemical Engineering Journal (IF16.744), Pub Date: 2021-06-23. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130925>
5. *Loghin C., Ciobanu L., Ionesi D., Loghin E. & Cristian I.* (2018). Introduction to waterproof and water repellent textiles. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing, 3–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101212-3.00001-0>
6. *Majid Montazer, Tina Harifi.* Waterproof nanofinishes for textiles. The Textile Institute Book Series. 2018. Pages 197...202.
7. *Ивашко Е.И.* Анализ стандартных методов исследования водозащитных свойств текстильных материалов // *Материалы и технологии.* 2020. № 2(6). С. 7...12.

8. *Панкевич Д.К., Ивашко Е.И., Кудрицкий В.Г.* Оценка свойств многослойных мембранных текстильных материалов различных структур // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2022. № 6(402). С. 51...59.

9. *Метелева О.В., Таишев В.В., Никифорова Е.Н.* Изменение водонепроницаемости одежды под воздействием динамических деформаций // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2015. № 6(360). С. 133...138.

10. *Панкевич Д.К., Буркин А.Н.* Методология оценки свойств материалов для водонепроницаемой одежды // *Технологии и качество.* 2022. № 2(56). С. 5...10.

11. *Зимица М.В., Чагина Л.Л.* Анализ специфических особенностей адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями // *Технологии и качество.* 2021. № 3(53). С. 11...17.

12. *Зимица М.В., Чагина Л.Л., Иванов В.В.* Оценка паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // *Технологии и качество.* 2022. № 2(56). С. 16...23.

13. *Зимица М.В., Чагина Л.Л., Иргашева А.Ш.* Совершенствование метода оценки и прогнозирования изменения окраски текстильных материалов и изделий // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2022. № 6(402). С. 45...51.

14. *Груздева А.П., Зимица М.В., Чагина Л.Л., Богатырева М.С.* Построение методики исследования деформационных свойств тентовых материалов при двухосном циклическом растяжении // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2022. № 1(397). С. 107...114.

REFERENCES

1. *Smith W. C.* Smart Textile Coatings and Laminates. 2nd ed. Elsevier: Wood head Publishing Ltd, 2018. 290 p.
2. GOST 30292-96 (ISO 4920-81).
3. *V. Haule, Lutamyo Nambela.* Advances in waterproof technologies in textiles Functional and Technical Textiles. The Textile Institute Book Series. 2023, Pages 275-291. <https://doi.org/10.1111/cote.12170>
4. *Wen Zhou, Xiaobao Gong, Yang Li, Yang Si, Shichao Zhang.* Environmentally friendly waterborne polyurethane nanofibrous membranes by emulsion electrospinning for waterproof and breathable textiles Chemical Engineering Journal (IF16.744), Pub Date: 2021-06-23. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130925>
5. *Loghin C., Ciobanu L., Ionesi D., Loghin E. & Cristian I.* (2018). Introduction to waterproof and water repellent textiles. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing, 3–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101212-3.00001-0>
6. *Majid Montazer, Tina Harifi.* Waterproof nanofinishes for textiles. The Textile Institute Book Series. 2018. Pages 197-202.

7. *Ivashko E.I.* Analysis of standard methods for the study of waterprotective properties of textile materials // *Materials and technologies*. 2020. № 2(6). S. 7-12.

8. *Pankevich D.K., Ivashko E.I., Kudriczkij V.G.* Evaluating the properties of multilayer membrane textile materials with different structures // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 6(402). S. 51-59.

9. *Metelva O.V., Tashev V.V., Nikiforova E.N.* The change of cloths waterproofness under the influence of dynamic deformations // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2015. № 6(360). S. 133-138.

10. *Pankevich D.K., Burkin A.N.* Methodology for assessing the properties of materials for waterproof clothing // *Technology and quality*. 2022. № 2(56). S. 5-10.

11. *Zimina M.V., Chagina L.L.* Analysis of specific features of adaptive clothing for people with disabilities // *Technology and quality*. 2021. № 3(53). S. 11-17.

12. *Zimina M.V., Chagina L.L., Ivanov V.V.* Assessment of vapor permeability of material systems for

adaptive clothing of people with disabilities // *Technology and quality*. 2022. № 2(56). S. 16-23.

13. *Zimina M.V., Chagina L.L., Irgasheva A. Sh.* Improving the method of assessing and predicting changes in the color of textile materials and products // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 6(402). S. 45-51.

14. *Gruzdeva A.P., Zimina M.V., Chagina L.L., Bogaty`reva M.S.* Construction of a methodology for studying the deformation properties of tent materials under biaxial cyclic stretching // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 1(397). S. 107-114.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров Костромского государственного университета. Поступила 21.03.23.

УДК 539.434:677.494

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_110

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ*

ASSESSMENT OF THE FUNCTIONALITY OF POLYMER TEXTILE MATERIALS IN ORDER TO INCREASE THEIR COMPETITIVENESS

Н.С. КЛИМОВА

N.S. KLIMOVA

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)
(Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: klimonata85@mail.ru

В статье описывается метод проведения оценки функциональности полимерных текстильных материалов с целью повышения их конкурентоспособности. Указанная оценка проводится на основе математического моделирования их вязкоупругости. При этом рассматривается один из общепризнанных вариантов математического моделирования вязкоупругости полимерных материалов, основанный на аналитической аппроксимации экспериментальных "семейств" релаксационных и деформационных кривых нормированными релаксационными и деформационными функциями по логарифмической шкале приведенного времени.

*Работа финансировалась в рамках выполнения гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации № НШ-5349.2022.4

The article describes a method for assessing the functionality of polymeric textile materials in order to increase their competitiveness. This assessment of the functionality of polymeric textile materials is carried out on the basis of mathematical modeling of their viscoelasticity. In this case, one of the generally recognized variants of mathematical modeling of the viscoelasticity of polymeric materials is considered, based on the analytical approximation of experimental "families" of relaxation and deformation curves by normalized relaxation and deformation functions on a logarithmic scale of the reduced time.

Ключевые слова: вязкоупругие свойства, математическое моделирование, полимерные материалы, текстильные материалы, релаксационные процессы, деформационные процессы, конкурентоспособность, функциональность, конкурентоспособность.

Keywords: viscoelastic properties, mathematical modeling, polymeric materials, textile materials, relaxation processes, deformation processes, competitiveness, functionality, competitiveness.

В основе наиболее достоверного исследования механических свойств и прогнозирования деформационных процессов полимерных материалов лежит математическое моделирование вязкоупругих свойств на основе данных простого эксперимента. Известные математические модели механических свойств полимерных материалов в большей или меньшей степени достоверно позволяют описать деформационные процессы.

Одним из общепризнанных вариантов математического моделирования вязкоупругости полимерных материалов является вариант, основанный на аналитической аппроксимации экспериментальных "семейств" кривых релаксации и ползучести с помощью нормированных релаксационных функций и функций запаздывания по логарифмической шкале приведенного времени [1].

Большое количество полимерных материалов, обладающих самым разнообразным строением и проявляющих в силу сказанного те или иные деформационные свойства, диктует необходимость разработки новых вариантов математического моделирования их механических свойств, по возможности оптимальных для того или иного материала [2].

Следует отметить, что математическая модель, оптимально подходящая для описа-

ния деформационных свойств одного полимерного материала, может совсем не подходить для другого.

Данное обстоятельство является стимулирующим для создания развиваемой теории оптимального прогнозирования деформационных процессов, а также способствовало поиску математических моделей деформационных свойств полимерных материалов на основе различных, по возможности более простых, нормированных релаксационных функций и функций запаздывания.

Одним из основополагающих требований при построении развиваемой теории и поиске новых математических моделей явилось минимальное число параметров-характеристик модели и их физическая обоснованность, способствующая оптимизации и повышению надежности решения дальнейших технологических задач [3].

Упрощение и оптимизация математической модели вязкоупругости в рамках развиваемой теории достигается также за счет учета нелинейности в интегральных ядрах релаксации и запаздывания параметров модели.

Математические модели механических свойств полимерных материалов, применяемые для прогнозирования деформационных процессов, как правило, игнорируют тот факт, что полимерным материалам

наряду с упругостью и вязкоупругостью присущи также пластические свойства [4].

В развиваемой теории особое внимание уделено учету пластической компоненты деформации при прогнозировании деформационных процессов.

Начальный и один из простейших методов исследования полимерных материалов основан на изучении диаграмм растяжения. Диаграммы растяжения достаточно просто получают экспериментальным путем (например, на приборе "Instron – 1122"), в силу чего являются наиболее доступным средством исследования механических свойств полимерных материалов [5].

По диаграммам растяжения (рис. 1) может быть получена качественная оценка некоторых вязкоупругих параметров-характеристик материала, например таких, как: модуль упругости и модуль вязкоупругости; обратные им величины – начальная податливость и предельно-равновесная податливость; диапазоны изменения модуля релаксации, а следовательно, качественная оценка релаксационной способности материала; диапазоны изменения податливости и, как следствие, качественная оценка ползучести [6].

Использование экспериментальных диаграмм растяжения бывает полезно, когда нет возможности проведения всестороннего, многогранного исследования материалов или необходимо быстро получить приближенные вязкоупругие параметры-характеристики [7].

Наряду с определением указанных выше вязкоупругих параметров-характеристик предлагается методика качественной оценки упругих и вязкоупругопластических компонент механической работы деформирования, имеющих важное значение для определения качественной способности материала восстанавливать первоначальную форму и гасить ударно-механические воздействия [8].

Отбор материалов, обладающих наилучшей способностью к восстановлению формы после деформирования, важен как для оценки износостойкости материала, так и для оценки степени потери товарного вида готового изделия при его эксплуатации.

На рис. 1 представлены экспериментальная диаграмма растяжения крученной полиэфирной нити (скорость деформирования $\dot{\epsilon} = 0,083 \text{ c}^{-1}$) и приближенное определение модуля упругости E_0 и модуля вязкоупругости E_∞ .

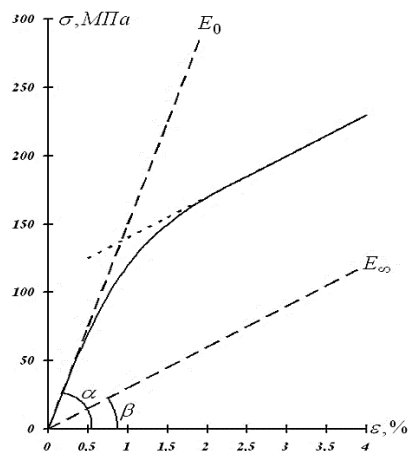


Рис. 1

Экономически более оправдано производство полимерных изделий, имеющих длительный срок эксплуатации с наименее возможной потерей товарного вида.

В то же время перед промышленностью ставится вопрос и о производстве таких полимерных материалов, для которых первостепенное значение имеют вопросы пластичности, а вопросы сохранения товарного вида изделия не столь актуальны. Примером этого является применение полимерных материалов в защитных конструкциях и спецодежде, где главенствующую роль играет способность материала гасить вредные механические воздействия с целью защиты человека и оборудования [9].

На основе качественного анализа соотношений упругих и вязкоупругопластических компонент механической работы деформирования решается задача по качественной оценке соотношения упругих и вязкоупругопластических компонент деформации полимерных материалов.

Более подробное и, соответственно, более точное исследование полимерных материалов возможно с помощью математического моделирования деформационных свойств полимерных материалов, в основе которого лежат данные эксперимента, проведенного с использованием специальных

приборов, например, различного рода релаксметров деформаций и напряжений [10].

Разработанные на основе такого моделирования методики определения вязкоупругих характеристик полимерных материалов в дальнейшем используются для прогнозирования деформационных процессов.

В качестве одного из примеров математической модели релаксации (изменение во времени напряжения σ , зависящего от деформации ε) можно привести модель, основанную на нормированной функции в виде гиперболического тангенса [11]:

$$\sigma(\varepsilon, t) = E_0 \varepsilon - \frac{E_0 - E_\infty}{2} \varepsilon \cdot \left(1 + \operatorname{th} \left(\frac{A_\varepsilon}{2} \ln \left(\frac{t}{\tau(\varepsilon)} \right) \right) \right). \quad (1)$$

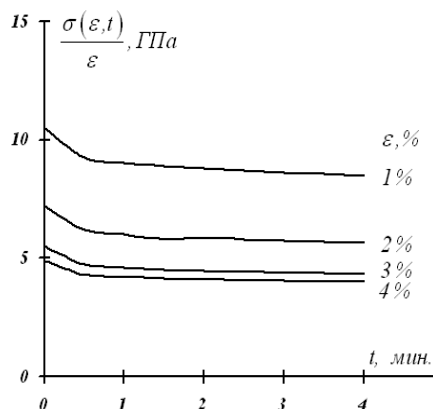


Рис. 2

Аналогичная математическая модель ползучести (изменение во времени деформации ε , зависящей от напряжения σ) имеет вид [12]:

$$\varepsilon(\sigma, t) = \frac{\sigma}{E_0} + \frac{E_0 - E_\infty}{2E_0 E_\infty} \sigma \left(1 + \operatorname{th} \left(\frac{A_\sigma}{2} \ln \left(\frac{t}{\tau(\sigma)} \right) \right) \right). \quad (2)$$

Здесь t – время; E_0 – модуль упругости; E_∞ – модуль вязкоупругости; $\tau(\varepsilon)$ – время релаксации как функция деформации; $\tau(\sigma)$ – время запаздывания как функция напряжения.

Процессы релаксации и ползучести проиллюстрированы на примере крученной полиэфирной нити (рис. 2, рис. 3).

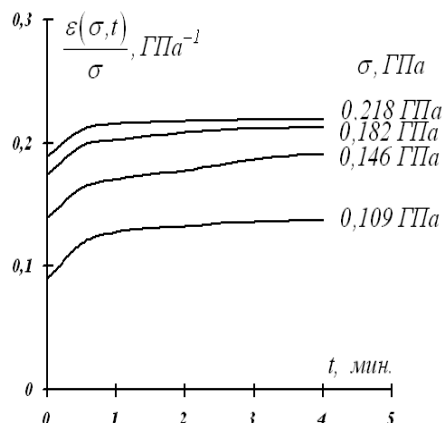


Рис. 3

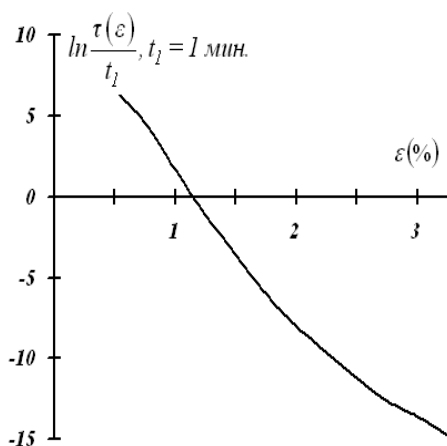


Рис. 4

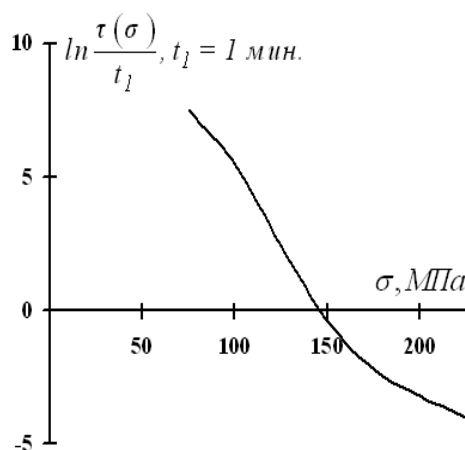


Рис. 5

Несомненным достоинством моделей (1) и (2) является то, что они содержат ми-

нимальное число параметров, имеющих определенный физический смысл [13]:

$$- E_0 = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\sigma(\varepsilon, t)}{\varepsilon} \text{ – модуль упругости,}$$

характеризующий квазимгновенное значение релаксирующего модуля, то есть его значение в начале процесса релаксации;

$$- E_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\sigma(\varepsilon, t)}{\varepsilon} \text{ – модуль вязко-}$$

упругости, характеризующий квазиравновесное значение релаксирующего модуля, то есть его значение в конце процесса релаксации;

- структурные параметры A_ε и A_σ , характеризующие скорость (интенсивность) процессов релаксации и ползучести;

- время релаксации $\tau(\varepsilon)$, характеризующее время прохождения половины процесса релаксации при заданном значении деформации ε (рис. 4);

- время запаздывания $\tau(\sigma)$, характеризующее время прохождения половины процесса ползучести при заданном значении напряжения σ (рис. 5).

Другим достоинством предлагаемых моделей релаксации (1) и ползучести (2) является то, что производные

$$\frac{\partial \sigma(\varepsilon, t)}{\partial \ln(t/\tau(\varepsilon))} \text{ и}$$

$$\frac{\partial \sigma(\sigma, t)}{\partial \ln(t/\tau(\sigma))} \text{ рекуррентным образом выра-}$$

жаются через параметры модели, что оптимальным образом сказывается как на упрощении дальнейших аналитических преобразований, так и на повышении точности определения вязкоупругих параметров-характеристик и, как следствие, на повышении достоверности прогнозирования деформационных процессов:

$$\frac{\partial \sigma(\varepsilon, t)}{\partial \ln(t/\tau(\varepsilon))} = -(E_0 - E_\infty) \varepsilon \cdot A_\varepsilon \varphi(\varepsilon, t) (1 - \varphi(\varepsilon, t)), (3)$$

$$\frac{\partial \varepsilon(\sigma, t)}{\partial \ln(t/\tau(\sigma))} = \frac{E_0 - E_\infty}{E_0 E_\infty} \sigma A_\sigma \varphi(\sigma, t) (1 - \varphi(\sigma, t)), (4)$$

где

$$\varphi(\varepsilon, t) = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{th} \left(\frac{A_\varepsilon}{2} \ln \left(\frac{t}{\tau(\varepsilon)} \right) \right) \right) \quad (5)$$

– функция релаксации,

$$\varphi(\sigma, t) = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{th} \left(\frac{A_\sigma}{2} \ln \left(\frac{t}{\tau(\sigma)} \right) \right) \right) \quad (6)$$

– функция запаздывания, что упрощает аналитические преобразования [14].

Математические модели релаксации и ползучести (1), (2) с нормированной функцией в виде гиперболического тангенса (5), (6), кроме вышесказанного, имеют преимущество перед другими известными математическими моделями при прогнозировании быстротекущих деформационных процессов [15]. Данное обстоятельство вытекает из достаточно быстрой сходимости функций (5) и (6) к своим асимптотическим значениям по сравнению с другими известными математическими моделями и подтверждено сравнением расчетного прогнозирования с экспериментальными данными.

Следует заметить, что выбор аналогов нормированных функций (5), (6) для моделей механических свойств полимерных материалов осложняется тем, что нельзя априорно отдать предпочтение какой-то из них. Основным критерием для отбора служит эксперимент. Наличие нескольких нормированных функций для моделирования позволяет сделать оптимальный выбор и тем самым повысить надежность прогнозирования [16].

Разработка методов математического моделирования деформационных свойств на основе функции в виде гиперболического тангенса и других нормированных функций получила дальнейшее развитие в виде программного продукта [17], позволяющего компьютеризировать процесс вычисления деформационных характеристик, а также упростить оптимальный выбор нормированной функции – основы математической модели – из числа имеющихся.

ВЫВОДЫ

Таким образом, предложен метод проведения оценки функциональности полимерных текстильных материалов с целью повышения их конкурентоспособности. Предложенной вариант оценки функциональности полимерных текстильных материалов

основан на математическом моделировании их вязкоупругости и последующем системном анализе деформационно-эксплуатационных свойств этих материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов А.А. Моделирование эластических свойств полиэфирных крученых текстильных нитей // Химические волокна. 2022. № 2. С. 64...66.

2. Егорова М.А., Козлов А.А. Системный анализ деформационных режимов эксплуатации арамидных текстильных материалов // Химические волокна. 2022. № 2. С. 80...83.

3. Киселев С.В. Вычисление энергии активации деформационных процессов полимерных волокнистых материалов в режимах релаксации и ползучести // Химические волокна. 2022. № 2. С. 84...86.

4. Киселев С.В., Козлов А.А. Компьютерное прогнозирование релаксационных и деформационных спектров полимерных текстильных материалов // Химические волокна. 2022. № 3. С. 13...16.

5. Киселев С.В. Вариант математического моделирования деформационных свойств полимерных текстильных нитей // Химические волокна. 2022. № 3. С. 43...46.

6. Егорова М.А., Егоров И.М. Компьютерное прогнозирование спектрально-энергетических характеристик полимерных текстильных тканей // Химические волокна. 2022. № 3. С. 34...37.

7. Киселев С.В., Козлов А.А., Егоров И.М. Компьютерное прогнозирование деформационных режимов эксплуатации геотекстильных нетканых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3. С. 214...220.

8. Киселев С.В. Методы системного анализа при определении энергии активации процессов релаксации и ползучести полимерных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2022. № 3. С. 46...50.

9. Козлов А.А. Моделирование эластических свойств крученых текстильных нитей // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. № 1. С. 88...96.

10. Егорова М.А., Егоров И.М. Системный анализ деформационных процессов арамидных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. № 1. С. 136...143.

11. Киселев С.В. Автоматизация контроля вязкоупругих характеристик полимерных тканей на основе компьютерного прогнозирования деформационных процессов // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. № 1. С. 144...153.

12. Козлов А.А. Комплексное исследование функциональных свойств текстильных материалов на основе математического моделирования эксплуатационных процессов // Вестник СПГУТД. Серия 4. Промышленные технологии. 2022. № 1. С. 129...137.

13. Киселев С.В., Козлов А.А. Цифровизация прогнозирования эксплуатационных процессов полимерных текстильных материалов // Вестник

СПГУТД. Серия 4. Промышленные технологии. 2022. № 2. С. 10...15.

14. Макаров А.Г., Демидов А.В. Цифровое прогнозирование упругих, вязкоупругих и пластических компонент деформации текстильных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. № 1. С. 130...135.

15. Демидов А.В., Макаров А.Г. Изучение деформационных процессов геотекстильных нетканых материалов с позиции спектрального анализа // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. № 4 (68). С. 125...132.

16. Макаров А.Г., Киселев С.В. Системный анализ деформационных свойств полимерной текстильной пряжи // Вестник СПГУТД. Серия 4. Промышленные технологии. 2022. № 1. С. 76...84.

17. Макаров А.Г., Козлов А.А., Киселев С.В. Качественный анализ эксплуатационных свойств полимерных парашютных строп // Вестник СПГУТД. Серия 4. Промышленные технологии. 2022. № 1. С. 51...58.

REFERENCES

1. Kozlov A.A. Modeling of elastic properties of polyester twisted textile threads // Chemical fibers. 2022. No. 2. P. 64...66.

2. Egorova M.A., Kozlov A.A. System analysis of deformation modes of operation of aramid textile materials // Chemical fibers. 2022. No. 2. P. 80...83.

3. Kiselev S.V. Calculation of the activation energy of deformation processes of polymeric fibrous materials in relaxation and creep modes // Chemical fibers. 2022. No. 2. P. 84...86.

4. Kiselev S.V., Kozlov A.A. Computer prediction of relaxation and deformation spectra of polymeric textile materials // Chemical fibers. 2022. No. 3. P. 13...16.

5. Kiselev S.V. A variant of mathematical modeling of the deformation properties of polymer textile yarns // Chemical fibers. 2022. No. 3. P. 43...46.

6. Egorova M.A., Egorov I.M. Computer prediction of the spectral-energy characteristics of polymer textile fabrics // Chemical fibers. 2022, No. 3. P. 34 ... 37.

7. Kiselev S.V., Kozlov A.A., Egorov I.M. Computer prediction of deformation modes of operation of geotextile non-woven materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 3. P. 214...220.

8. Kiselev S.V. Methods of system analysis in determining the activation energy of the processes of relaxation and creep of polymeric materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Light industry technology. 2022. No. 3. P. 46...50.

9. Kozlov A.A. Modeling of elastic properties of twisted textile threads // Design. Materials. Technology. 2022. No. 1. P. 88 ... 96.

10. Egorova M.A., Egorov I.M. System analysis of deformation processes of aramid materials // Design. Materials. Technology. 2022. No. 1. P. 136...143.

11. Kiselev S.V. Automation of control of viscoelastic characteristics of polymeric fabrics based on com-

puter prediction of deformation processes // Design. Materials. Technology. 2022. No. 1. P. 144...153.

12. Kozlov A.A. Comprehensive study of the functional properties of textile materials based on mathematical modeling of operational processes // Vestnik SPSUTD. Series 4. Industrial technologies. 2022. No. 1. P. 129...137.

13. Kiselev S.V., Kozlov A.A. Digitalization of forecasting of operational processes of polymer textile materials // Vestnik of SPSUTD. Series 4. Industrial technologies. 2022. No. 2. P. 10...15.

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

15. Demidov A.V., Makarov A.G. Study of deformation processes of geotextile non-woven materials

from the standpoint of spectral analysis // Design. Materials. Technology. 2022. No. 4 (68). P. 125...132.

16. Makarov A.G., Kiselev S.V. System analysis of the deformation properties of polymer textile yarn // Vestnik SPSUTD. Series 4. Industrial technologies. 2022. No. 1. P. 76...84.

17. Makarov A.G., Kozlov A.A., Kiselev S.V. Qualitative analysis of the operational properties of polymeric parachute lines // Vestnik SPSUTD. Series 4. Industrial technologies. 2022. No. 1. P. 51...58.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. Поступила 03.05.23.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_116

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТКАНЕЙ ПРИ ОПЫТНОЙ НОСКЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ*

THE STUDY OF SAMPLES OF NANOSTRUCTURED FABRICS WITH EXPERIMENTAL WEAR OF SPECIAL CLOTHING BY BREAKING LOAD INDICATOR*

Э.А. ХАММАТОВА

Е.А. КНАММАТОВА

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с решением проблем повышения качества специальной одежды из текстильных материалов плазменной обработки. Цель работы заключалась в сравнении результатов экспериментальных исследований показателей качества спецодежды из многофункциональных текстильных материалов (МТМ) после опытных носок и стирок, а также в выявлении закономерностей, позволяющих оценить полученные механические показатели качества контрольных и наноструктурированных образцов для проверки их соответствия требованиям технического регламента. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Исследование разрывной нагрузки проводили на контрольных и наноструктурированных образцах с использованием разрывной машины МТ110-5. Наноструктурирование

*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.

тканей специальной одежды осуществляли потоком «холодной» плазмы пониженного давления на полупромышленной плазменной установке периодического действия «WATT 4000 ПТ ПЛАЗМА 3», которая используется в Центре коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» КНИТУ. При этом МТМ максимально достигли показателей разрывной нагрузки при оптимальных параметрах воздействия потока «холодной» плазмы пониженного давления. Установлено, что в спецодежде из наноструктурированных МТМ «Премьер Cotton 300» с содержанием 100% хлопка после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная разрывная нагрузка уменьшилась по основе на 21,0% и по утку на 33,4%, в спецодежде из МТМ «Премьер Комфорт-250» (состав хл. 80% и п/э 20%) разрывная нагрузка уменьшилась по основе на 30,5% и по утку на 37,5%, а в МТМ «Cotton Rich 180» (состав хл. 60% и п/э 40%) разрывная нагрузка снизилась по основе на 28% и по утку на 36,4% относительно образцов спецодежды до эксплуатации.

The issues related to solving the problems of improving the quality of special clothing made of textile materials of plasma treatment. The purpose of the work was to compare the results of experimental studies of workwear quality indicators made of multifunctional textile materials (MTM) after experimental wearings and washings, as well as patterns that allow us to evaluate the obtained mechanical quality indicators of control and nanostructured samples to verify their compliance with the requirements of technical regulation. The objects of study were textile materials containing cotton fibers and polyester fibers. The study of the bursting load out of control and nanostructured samples using the MT110-5 bursting machine was carried. Nanostructuring of special clothing fabrics was carried out by a flow of "cold" plasma of reduced pressure on a semi-industrial plasma installation of periodic action "WATT 4000 PT PLASMA 3", which is used in the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" KNIU. At the same time, the MTM reached the maximum breaking load indicators with optimal parameters of the effect of low pressure "cold" plasma flow. It was found that in workwear made of nanostructured MTM "Premier Cotton 300" with 100% cotton content, after 24 months of experimental wearings and 96 washings, the relative breaking load decreased by 21.0% on the basis and by 33.4% on the weft, in workwear made of MTM "Premier Comfort-250" (composition xl. 80% and p/e 20%), the breaking load decreased on the basis by 30.5% and on the weft by 37.5%, and in the MTM "Cotton Rich 180" (composition of 60% and p/e 40%), the breaking load decreased on the basis by 28% and on the weft by 36.4% relative to samples of workwear before operation.

Ключевые слова: текстильный материал, качество, механические показатели, прочность, разрывная нагрузка, многофункциональный материал, холодная плазма, наноструктурирование, специальная одежда.

Keywords: textile material, quality, mechanical properties, strength, breaking load, multifunctional material, cold plasma, nanostructuring, special clothing.

Качество спецодежды зависит от нескольких факторов, таких, как выбранный материал, технология изготовления, дизайн и соответствие требованиям безопасности и

защиты здоровья. Материалы для спецодежды должны быть прочными, устойчивыми к износу, термостойкими, водонепроницаемыми или гидрофобными (защита от

дождя), огнестойкими, антистатическими и дышащими. Важно, чтобы спецодежда соответствовала необходимым стандартам и нормам, таким, как ГОСТ, DIN, EN и т. д., и была сертифицирована соответствующими организациями. Качественная спецодежда защищает работника от возможных опасностей и рисков, увеличивает его безопасность, повышает производительность труда и улучшает общее состояние рабочей среды [1].

Разрывная нагрузка спецодежды – это максимальная сила, которую может выдержать ткань, используемая при эксплуатации в производственных условиях, определяется в соответствии с ГОСТ 3813-72 [2].

Параметр разрывной нагрузки является важным при выборе и использовании спецодежды в производственных условиях, так как от него зависит ее прочность и устойчивость к повреждениям при работе в условиях повышенной нагрузки и риска травм. Чем выше значение разрывной нагрузки, тем более прочной и надежной является спецодежда.

Показатель разрывной нагрузки очень важен при прогнозировании работоспособности тканей для спецодежды. Чем выше этот показатель, тем более прочный материал. Данный показатель указывает, насколько высокой может быть нагрузка на материал до того момента, когда он начнет разрываться. При производстве специальной одежды, такой, как рабочие костюмы или защитная одежда, материалы должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать нагрузку, вызванную физическими работами и воздействием окружающей среды.

Показатель разрывной нагрузки не является единственным фактором, который нужно учитывать при выборе материала для спецодежды. Другие свойства, такие, как износостойкость, водонепроницаемость, воздухопроницаемость и т. д., также могут иметь значение в конкретных условиях эксплуатации. Малейшее нарушение целостности пропитанного материала, находящегося в напряженном состоянии, за счет прокола, разреза или иного поврежде-

ния может привести к разрушению прочности тканей для спецодежды [3...6].

В данной работе приведены результаты оценки качества спецодежды из многофункциональных текстильных материалов (МТМ), полученных после наноструктурирования потоком «холодной» плазмы пониженного давления с использованием уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия «ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3» при мощности разряда $W_p=4,0$ кВт, расходе плазмообразующего газа $G=0,04$ г/с, давлении в вакуумной камере $P_k=20$ Па и времени обработки $\tau=2$ м/мин.

Метод основан на подготовке опытной партии спецодежды, изготовленной с применением новых наноструктурированных материалов, передаче их в опытную носку, периодических осмотрах после определенного периода эксплуатации (через 1, 6, 12, 18 и 24 месяца), во время которых отдельные образцы изымались с целью оценки их показателей качества с регистрацией появляющихся дефектов, отзывов носчика об их свойствах.

Приводились сравнительные результаты анализа экспериментальных исследований показателей качества МТМ после опытных носок и стирок, а также закономерности, позволяющие оценить полученные потребительские показатели качества МТМ для проверки их соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности» № 876 от 09.12.2011 г.

Общее количество экспериментальных образцов, участвующих в опытной носке, – 200 единиц спецодежды для работников различных отраслей промышленности (строительного, химического, нефтехимического и оборонно-промышленного комплекса).

Опытная носка проводилась в производственных условиях, так как она дает достоверные результаты, является длительной и дорогостоящей, обеспечивает получение сопоставимых и достаточно надежных ре-

зультатов исследования влияния потока «холодной» плазмы пониженного давления на прочность текстильных материалов для спецодежды.

Определение разрывной нагрузки контрольных и наноструктурированных опытных образцов текстильных материалов проводилось на разрывной машине МТ110-5, где элементарные пробы ткани по длине и ширине закрепляли в верхнем и нижнем зажимах машины и испытывали согласно ГОСТ 3813-72 [2, 7].

Ткань для спецодежды считается стойкой к разрывной нагрузке, если изменяется ее структура и увеличивается плотность материалов. Испытания различных тканей на прочность свидетельствуют о том, что структура материалов оказывает существенное влияние на показатели разрывной нагрузки.

В качестве объектов исследования выбрана спецодежда из текстильных материалов, характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %		Вес, г/м ²	Переплетение	Отделка
			хлопок	полиэстер			
1	«Премьер Cotton 300»	10408	100	-	300	Саржевое 3/1	МВО
2	«Премьер Комфорт-250»	18422X	80	20 (ангистатическая нить)	255	Саржевое 3/1	Stop Oil + нефтемасловодоотталкивающая (НМВО)
3	«Cotton Rich 180»	18444	60	40	180	Саржевое 2/1	Bio Repellent (водоотталкивающая антимоскитная)

Исследования разрывной нагрузки текстильных материалов проводили на пяти опытных образцах спецодежды до разрушения, затем определяли среднее значение полученных результатов. Результаты исследований разрывной нагрузки (ΔP_n , %)

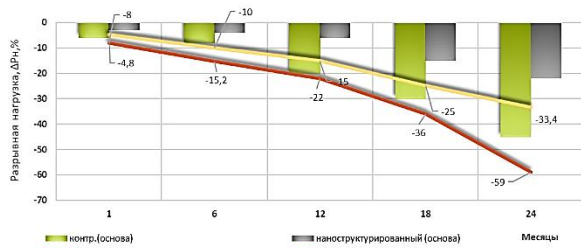


Рис. 1

текстильных материалов «Премьер Cotton 300», «Премьер Комфорт-250» и «Cotton Rich 180» после опытных носок и стирок относительно контрольных образцов представлены на рис. 1-3.

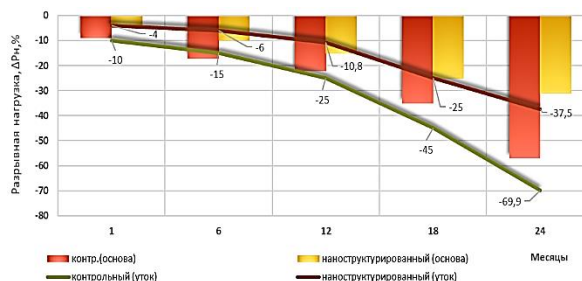


Рис. 2

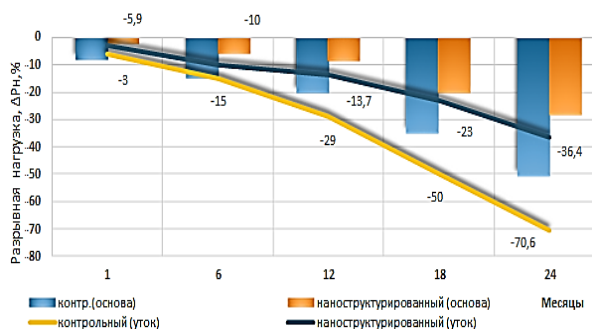


Рис. 3

Результаты исследований экспериментальных образцов спецодежды показали, что относительная разрывная нагрузка зависит от природы волокон, вида образцов входного контроля и продолжительности опытных носок и стирок МТМ. Отмечено, что разрывная нагрузка после опытных носок (24 месяца) и 96 стирок уменьшилась в среднем по основе от 21% до 30,5%, а по утку от 33,4% до 37,5% относительно образцов спецодежды до эксплуатации.

Как видно из рис. 1-3, наноструктурированные образцы спецодежды после плазменной обработки обладают большей прочностью в отличие от контрольных образцов спецодежды, по-видимому, за счет волокнистого состава, уплотнения и упорядочения структуры волокон.

В спецодежде из наноструктурированных МТМ «Премьер Cotton 300» с содержанием 100% хлопка после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная разрывная нагрузка уменьшилась по основе на 21,0% и по утку на 33,4%, в спецодежде из МТМ «Премьер Комфорт-250» (состав хл. 80% и п/э 20%) ΔP_n уменьшилась по основе на 30,5% и по утку на 37,5%, а в МТМ «Cotton Rich 180» (состав хл. 60% и п/э 40%) ΔP_n снизилась по основе на 28% и по утку на 36,4%.

Испытания различных изделий спецодежды из МТМ на прочность свидетельствуют о том, что структура материала оказывает существенное влияние на показатели разрывной нагрузки. Показатели разрывной нагрузки во многом зависят от коэффициента уплотненности ткани. Чем меньше коэффициент, тем выше разрывная нагрузка. Уменьшение разрывной нагрузки наноструктурированных МТМ как по основе, так и по утку может быть обусловлено увеличением степени кристалличности и снижением подвижности цепей макромолекул за счет уплотнения структуры разрываемой системы нитей, а также применением гладких нитей полиэстер в направлении, поперечном приложенной нагрузке.

В процессе опытных носок и стирок спецодежда подвергалась многократно повторяющимся растяжениям и изгибам, которые несмотря на их незначительную величину приводили к расшатыванию структуры ткани, то есть к явлению усталости (нарушению структуры волокон, появлению микротрещин, нарушению связей между фибриллами) при многократных деформациях. Однако изнашивается спецодежда преимущественно от истирания поверхности тканей, особенно на локтях, коленях, по шаговым швам, внизу брюк, по краям карманов и низу рукавов. В результате неравномерного износа поверхности

тканей, большая часть которой находится в хорошем состоянии, изделия приходят в негодность.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам экспериментального исследования разрывной нагрузки спецодежды из многофункциональных текстильных материалов можно сделать вывод, что наноструктурирование в потоке «холодной» плазмы пониженного давления позволяет получить уплотненные образцы.

Установлено, что в наноструктурированных образцах спецодежды после плазменной обработки разрывная нагрузка больше в отличие от контрольных образцов МТМ по основе на 30,5% и по утку на 37,5%.

Определено, что после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная разрывная нагрузка уменьшилась по основе на 21,0% и по утку на 33,4% в «Премьер Cotton 300», в МТМ «Премьер Комфорт-250» уменьшилась по основе на 30,5% и по утку на 37,5%, а в «Cotton Rich 180» снизилась по основе на 28% и по утку на 36,4%.

Выбрана спецодежда из МТМ, наноструктурированных в потоке «холодной» плазмы пониженного давления при рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=20$ Па, времени воздействия $\tau=2$ м/мин, мощности разряда $W_p=4,0$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{возд}=0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механические свойства тканей [Электронный ресурс] <https://infourok.ru/teoriya-mehanicheckie-svoystva-tkanej-ponyatiya-predela-prochnosti-tkanej-pri-razdiranii-i-prodavlivanii-factory-vliyayushie-na-4329705.html> (дата обращения: 17.02.23).

2. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82). Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (с Изменениями N 1, 2, 3). Введ. 01.01.1973, переутв. 01.01.1982 г., 01.09.1990 г., 01.06.1992 г. (ИУС 4-82, 12-90, 9-92). М.: Изд-во стандартов, 1973. 6 с.

3. Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф. Наноструктурирование полулльняной парусиновой ткани для повышения качества спецодежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5(401). С. 71...77.

4. *Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф.* Повышение качества суконной ткани для спецодежды после наноструктурирования плазмой // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 4(400). С. 69...76.

5. *Шустов Ю.С., Костомаров С.А., Валуев В.С.* Исследование разрывных характеристик тканей специального назначения после воздействия кислоты и щелочи // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности «Инновации – 2015»: сб-к матер. Ч. 2. М., 2015. С. 137...144.

6. *Додонкин Ю.В., Кирюхин С.М.* Ассортимент, свойства и оценка качества тканей. М.: Легкая индустрия, 1979. 192 с.

7. *Зиновьев В.П., Рубцов В.И., Шустов Ю.С., Тимошенко А.Н., Оленина И.В.* Влияние зажимной длины образца на результаты прочностных показателей хлопчатобумажных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3(399). С. 86...91.

REFERENCES

1. Mechanical properties of fabrics [Electronic resource] <https://infourok.ru/teoriya-mehanicheskie-svoystva-tkanej-ponyatiya-predela-prochnosti-tkanej-pri-razdiranii-i-prodavlivanii-factory-vliyayushie-na-4329705.html> (accessed: 17.02.23)

2. GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) Textile materials. Fabrics and piece goods. Methods for determination of tensile breaking characteristics (with amendments N 1, 2, 3). – Entered on 01.01.1973, reapproved 01.01.1982, 01.09.1990, 01.06.1992 (IUS 4-82,

12-90, 9-92). М.: Publishing house of standards, 1973. 6 p.

3. *Khammatova V.V., Gainutdinov R.F.* Nanostructuring of semi-linen canvas fabric to improve the quality of workwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. 5(401). P. 71...77.

4. *Khammatova V.V., Gainutdinov R.F.* Nanostructuring of semi-linen canvas fabric to improve the quality of workwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. 4(400). P. 69...76.

5. *Shustov, Yu.S.* Investigation of discontinuous characteristics of special purpose tissues after exposure to acid and alkali /Yu.S. Shustov, S.A. Kostomarov, V.S. Valuev // Collection of materials "Design, technologies and innovations in textile and light industry "Innovations – 2015", part 2. Moscow, 2015. Pp. 137...144.

6. *Dodonkin Yu.V., Kiryukhin S.M.* Assortment, properties and quality assessment of fabrics. М.: Light Industry, 1979. 192 p.

7. *Zinoyev V.P., Rubtsov V.I., Shustov YU.S., Timoshenko A.N., Olenina I.V.* Effect of clamping length of sample on the results of cotton fabrics strength indices // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. 3(399). P. 86...91.

Рекомендована кафедрой дизайна ФГБОУ ВО «КНИТУ». Поступила 09.06.23.

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_122

ИНЖЕНЕРНЫЙ РАСЧЕТ РАВНОВЕСНОСТИ КРУЧЕНОЙ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ

ENGINEERING CALCULATION OF THE EQUILIBRIUM OF TWISTED COTTON YARN

И.В. ОЛЕНИНА¹, Ю.С. ШУСТОВ², В.П. ЗИНОВЬЕВ¹, В.И. РУБЦОВ¹, А.Н. ТИМОШЕНКО¹,
О.В. ИСАЕВ¹, А.Г. СЕИТОВА¹

I.V. OLENINA, Yu.S. SHUSTOV, V.P. ZINOVYEV, V.I. RUBTSOV, A.N. TIMOSHENKO,
O.V. ISAEV, A.G. SEITOVA

(Государственный научный центр Федеральный медицинский
биофизический центр им. А.И. Бурназяна

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

(¹Federal State Budgetary Institution "State Scientific Center of the Russian Federation –
A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center"

²The Kosygin State University of Russia)

e-mail: 1. zvp.2013@yandex.ru, 2. 6145293@mail.ru

Проведен краткий обзор литературных источников, содержащих информацию об общих свойствах крученой пряжи и, в частности, о технологических условиях получения равновесной структуры крученых продуктов. В статье рассмотрены теоретические аспекты влияния упругих свойств пряжи и волокон на равновесное состояние крученой пряжи. Использовано условие равенства нулю крутящего и раскручивающего моментов, возникающих в пряже вследствие крутки. На основе анализа крутящих моментов выведено соотношение равновесности крученого продукта с использованием коэффициентов первичной и вторичной крутки. Предложена рабочая формула определения соотношения первичной и вторичной круток для достижения равновесности крученой пряжи. Расчет может быть использован при проектировании ткани и трикотажа.

A brief review of literature sources containing information on the general properties of twisted yarn and, in particular, on the technological conditions for obtaining the equilibrium structure of twisted products is carried out. The article examines the theoretical aspects of the influence of elastic properties of yarn and fibers on the equilibrium state of twisted yarn. The condition of equality to zero of the torsional and untwisting moments arising in the yarn due to twisting is used. Based on the analysis of torques, the ratio of the equivalence of the twisted product

is derived using the coefficients of primary and secondary torsion. A working formula for determining the ratio of primary and secondary twists to achieve the equilibrium of the twisted yarn is proposed. The calculation can be used in the design of fabric and knitwear.

Ключевые слова: пряжа, диаметр пряжи, волокна, линейная плотность, сечение пряжи, равновесность, момент кручения, крутка, коэффициент крутки.

Keywords: yarn, yarn diameter, fibers, linear density, yarn cross-section, equilibrium, torsion moment, twist, twist coefficient.

В работе [1] авторы провели глубокий и тщательный силовой анализ факторов, определяющих равновесную структуру крученой нити. Однако не даны конкретные и простые рекомендации для производителей: как спроектировать и сделать крученую пряжу равновесной.

Работа [2] также посвящена вопросам равновесности крученого продукта. Приведено аналитическое решение для сил, действующих в равновесном продукте, но так же, как и в [1], авторы не дают конкретных инженерных рекомендаций по подбору первичной и вторичной круток для достижения равновесности нитей.

Известна формула, связывающая первичную и вторичную крутки для достижения равновесности [3]:

$$\alpha_k = \alpha_0 \sqrt{m} / (m+1), \quad (1)$$

Эта формула была предложена К.И. Корицким, однако в более ранней публикации монографии К.И. Корицкого [4] формула для уравнивающего коэффициента крутки выглядит иначе:

$$\alpha_y = \alpha_0 \sqrt{m} / (\sqrt{m} + 0,9). \quad (2)$$

В работе [5] авторы исследуют коэффициент упрочнения в крученой пряже при использовании одиночной пряжи разных способов прядения и определение укрутки, удлинения, неровноты по ее свойствам, не затрагивая вопросов равновесности.

В работе [6], ссылаясь также на формулу К.И. Корицкого, дают еще один вариант

для достижения равновесности крученой нити:

$$\alpha_k = \alpha_0 \sqrt{m} / (\sqrt{m} + 1). \quad (3)$$

Однако фактически ни одна из этих формул (1-3) не дает какого-либо объяснения физической картины равновесности с точки зрения анализа сил и моментов, действующих в крученом продукте.

Состоянию равновесности крученого продукта, в частности крученой пряжи, в свое время уделялось много внимания. Так, значительная часть монографии [4] посвящена вопросам равновесности пряжи и канатов, а также применению неравновесных структур для специальных целей различных технических крученых изделий: канатов, шинных кордов, рыболовных снастей, веревок и прочих изделий.

Равновесность имеет большое значение для дальнейшей переработки крученой пряжи и ниток в других текстильных производствах. Например, для уменьшения сукрутин и снижения обрывности в ткачестве при сходе уточной пряжи с бобин уточную пряжу подвергают иногда вылеживанию, замачиванию или запариванию для снятия внутренних напряжений. В швейном производстве сукрутины у ниток также явление вредное, так как это может влиять на правильность образования стежка. Недопустимы сукрутины и в трикотажном производстве. Достаточно сказать, что использование неравновесной пряжи в ткацком или трикотажном производстве приводит к перекоосу полотен и их произвольной закручиваемости.

Кроме того, без решения вопроса об относительно точном расчете точки равновесности крученой пряжи нельзя двигаться в общем направлении при описании поведения крученой пряжи в целом.

При кручении нити составляющие ее волокна получают деформации изгиба, кручения и растяжения. Ввиду малой величины каждой из них можно допустить наличие прямолинейной зависимости между напряжением и деформацией волокон [4]. Так как каждый компонент крутящего момента в нити, являющийся результатом одной из деформаций волокна, рассчитывают исходя из радиальных составляющих напряжения нити, то общий крутящий момент будет равен сумме крутящих моментов от деформаций кручения, изгиба и растяжения:

$$M_0 = M_k + M_{и} + M_p. \quad (4)$$

Здесь же доказывается, что моментами кручения и изгиба можно пренебречь, как величинами, существенно меньшими, чем величина крутящего момента от растяжения волокон.

Далее показано, что крутящий момент от растяжения волокон можно представить как интеграл по площади поперечного сечения нити с изменением радиуса от 0 до R. И окончательным решением величины раскручивающего усилия, действующего на единицу их площади, будет выражение:

$$M_1 = C_1 \cdot R \cdot \text{tg} \beta'_0, \quad (5)$$

где β'_0 – средний угол наклона волокон в компонентных нитях, град; C_1 – обобщенный модуль упругости; R – радиус нити, м.

Аналогично определяют величину раскручивающего усилия, действующего на единицу площади поперечного сечения готовой нити вследствие расположения компонент под углом β_1 к оси крученой пряжи:

$$M_2 = C_2 \cdot R_k \cdot \text{tg} \beta_1, \quad (6)$$

где R_k – радиус кручения однокруточной крученой нити:

$$R_k = \frac{R}{\sin \frac{\pi}{n}}, \quad (7)$$

n – число сложений компонент; β_1 – угол наклона компонентных составляющих к оси крученого продукта.

Так как направление действия крутящих моментов M_1 и M_2 противоположное, то суммарный момент, характеризующий степень неуровновешенности однокруточной нити, будет пропорционален следующему выражению:

$$M_\Sigma = C \cdot R \left(\frac{\text{tg} \beta_1}{\sin \frac{\pi}{n}} - \text{tg} \beta'_0 \right), \quad (8)$$

где β_1 – угол наклона стренги к оси крученого продукта; β'_0 – средний угол наклона волокон в компонентных нитях; n – число компонентных составляющих; C – обобщенный показатель упругости нити; R – радиус поперечного сечения одиночной пряжи.

Для равновесной нити $M_\Sigma = 0$, из чего следует равенство нулю выражения, заключенного в скобки.

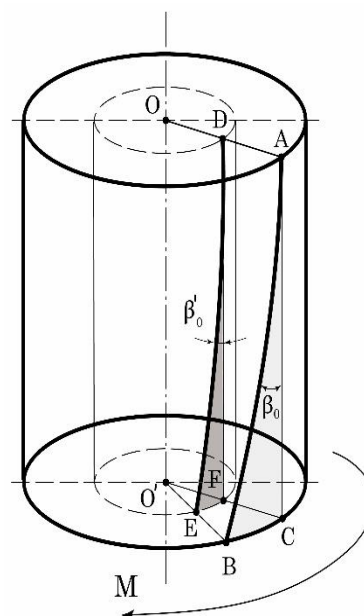


Рис. 1

Угол наклона волокон в нитях, как видно из рис. 1, в зависимости от их удаленности от оси нити меняется по линейному закону от 0 на оси нити до β_0 на ее поверхности. Геометрическое рассмотрение рис. 1 приводит к выводам о том, что если $OD=DA$, то средний угол наклона волокон в компонентных нитях β'_0 и угол наклона поверхностных волокон β_0 связаны между собой следующим соотношением:

$$\beta'_0 = 0,5 \cdot \beta_0. \quad (9)$$

Учитывая малость углов наклона волокон в рассматриваемом диапазоне круток (угол наклона 30° соответствует креповой крутке, а обычная пряжа имеет крутку, существенно меньшую, – 12° - 15°), а также приблизительное равенство в этом диапазоне функции tg и самого угла (ошибка менее 2-3%), можно, руководствуясь выражениями (8) и (9), записать для уравновешенной крученой нити следующее:

$$\text{tg}\beta_1 = 0,5 \sin \frac{\pi}{n} \text{tg}\beta_0, \quad (10)$$

где n – количество составляющих (стренг) в крученом продукте; β_1 – угол наклона оси стренги к оси крученого продукта OO_1 ; β_0 – угол наклона поверхностных волокон АВ к оси компонентной составляющей (стренги) (рис. 2).

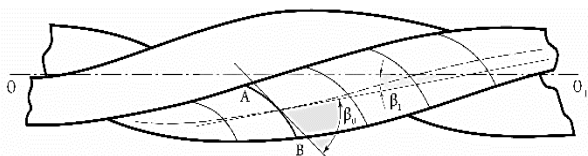


Рис. 2

В случае, когда число сложений крученой пряжи $n=2$, для равновесной пряжи имеем [4]:

$$\text{tg}\beta_1 = 0,5 \text{tg}\beta_0. \quad (11)$$

Однако для практических расчетов тангенс угла наклона волокон неудобен и его

измерение сопряжено с трудностями. Для преодоления этого затруднения авторы предлагают следующий выход. Поскольку коэффициент крутки пропорционален тангенсу угла наклона волокон в одиночной пряже или углу наклона составляющих в крученом продукте, то можно обоснованно записать вместо (11)

$$\alpha_1 = 0,5\alpha_0, \quad (12)$$

где α_1 – коэффициент крутки крученой пряжи; α_0 – коэффициент крутки одиночной составляющей.

Этот факт можно объяснить тем, что при формировании крученой пряжи структуры ZS одиночные стренги при своем раскручивании стремятся занять положение и объем, обеспечивающие минимум потенциальной энергии системы. То есть при параллельном соединении одиночных стренг они взаимно обвивают сами себя, теряя при этом половину своего коэффициента крутки, переходящего в крутку крученого продукта, и в случае равновесности крученой пряжи коэффициент крутки крученого продукта равен остаточному коэффициенту крутки одиночной пряжи.

Подставляя в выражение (12) значения для α_1 и α_0 по известной формуле:

$$\alpha = 0,0316K\sqrt{T} \quad (13)$$

для случая одинаковых одиночных составляющих, использованных для получения крученого в n сложений продукта, имеем:

$$K_{II} \sqrt{nT} = 0,5 \sin \frac{\pi}{n} K_I \sqrt{T}, \quad (14)$$

откуда можно определить значение вторичной крутки K_{II} , при которой достигается равновесность крученой пряжи, например в два сложения, в зависимости от величины первичной крутки K_I :

$$K_{II} = \frac{K_I}{2\sqrt{2}} \sin \frac{\pi}{2} = 0,354K_I. \quad (15)$$

Для случая крученой пряжи в три сложения при $n=3$:

$$K_{II} \sqrt{nT} = 0,5K_I \sqrt{T} \sin \frac{\pi}{3}, \quad (16)$$

$$K_{II} = \frac{K_I}{2\sqrt{3}} \sin \frac{\pi}{3} = 0,25K_I. \quad (17)$$

Ряд экспериментальных исследований, проведенных авторами, позволяет с уверенностью сказать, что для достижения равновесности крученой пряжи достаточно иметь вторичную крутку в зависимости от числа сложений в пределах $1/4-1/3$ от первичной, что вполне согласуется с вышеприведенными теоретическими выводами. Однако это относится к упругой пряже, т.е. такой, где до процесса кручения еще не успели проявиться реологические особенности волокон. В действительности из-за процессов релаксации, протекающих практически во всех текстильных волокнах, значения соотношения между вторичной и первичной крутками на 10-12% меньше расчетных.

Выражение (12) для определения равновесности крученого продукта можно применять не для произвольного значения n , а только для $n=2$ и $n=3$, поскольку для большего числа сложений структура крученого продукта начинает в значительной степени отличаться от структуры в 2 и 3 сложения. Появляются пустоты (трубчатая структура для $n=4,5,6$), или структура приобретает стержневой характер с сотовым расположением компонентов ($n>6$), где может местами нарушаться регулярность расположения составляющих.

ВЫВОДЫ

1. Предложена научно обоснованная математическая модель для инженерных расчетов соотношения первичной и вторичной круток для достижения равновесности крученой пряжи.

2. Установлено, что для достижения равновесности крученой пряжи достаточно иметь вторичную крутку в зависимости от

числа сложений в пределах $1/4-1/3$ от первичной.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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 // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2012. № 6. С. 166...171.

2. Щербаков В.П., Цыганов И.Б., Заваруев В.А. Контактное взаимодействие скрученных нитей // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2003. №3. С. 91...94.

3. Теория процессов, технология и оборудование для приготовления крученой, фасонной пряжи и ниток: учебник / Ю.В. Павлов и др. Иваново: ИГТА, 1999. 380 с.

4. Корицкий К.И. Инженерное проектирование текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1971. 352 с.

5. Юлдашев А.Т., Матисмаилов С.Л., Гафуров К.Г., Плеханов А.Ф., Периукова С.А., Кузякова С.В. Исследование крученой пряжи при изготовлении стренг разными способами прядения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 3 (393). С. 81...84.

6. Эркинов З.Э., Гафуров А.Б., Эргашев М.М. Определение и анализ свойств крученой нити, выработанной из разноструктурной одиночной пряжи // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2018. № 6(51). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6049>.

7. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. М.: Легкая индустрия, 1980. 160 с.

8. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. М.: Тико Принт, 2013. 304 с.

9. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М. Текстильное материаловедение и управление качеством. М.: ИНФРА-М, 2022. 386 с.

10. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008. 268 с.

11. Кузнецов А.А., Ольшанский В.И. Оценка и прогнозирование механических свойств текстильных нитей. Витебск: ВГТУ, 2004. 226 с.

12. Севостьянов П.А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание, кручение, намотка, перемотка: монография. М.: Клуб печати, 2021. 592 с.

REFERENCES

1. Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Polyakova T.I., Skulanova N.S., Popov E.R. Theory and calculation of force factors that determine the equilibrium structure of a twisted thread // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh

Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 6. Pp. 166...171.

2. *Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Zavaruev V.A.* Contact interaction of twisted threads // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2003. No. 3. Pp. 91...94.

3. Theory of processes, technology and equipment for the preparation of twisted, fancy yarn and threads: Textbook / Pavlov Yu.V. etc. Ivanovo: IGTA, 1999. 380 p.

4. *Koritsky K.I.* Engineering design of textile materials. Moscow: Light Industry, 1971. 352 p.

5. *Yuldashev A.T., Matismailov S.L., Gafurov K.G., Plekhanov A.F., Pershukov S.A., Kuzyakova S.V.* Study of twisted yarn in the manufacture of strands by different spinning methods // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. No. 3 (393). P. 81...84.

6. *Erkinov Z.E., Gafurov A.B., Ergashev M.M.* Determination and analysis of the properties of a twisted thread produced from a single yarn of different structure // *Universum: Engineering sciences: electron.sci. magazine* 2018. No. 6(51). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6049>.

7. *Migushov I.I.* Mechanics of textile thread and fabric. M.: Light industry, 1980. 160 p.

8. *Shcherbakov V.P.* Applied and structural mechanics of fibrous materials. M.: Tiko Print, 2013. 304 p.

9. *Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M.* Textile materials science and quality management. M.: INFRA-M, 2022. 386 p.

10. *Shcherbakov V.P., Skulanova N.S.* Fundamentals of the theory of deformation and strength of textile materials. Moscow: MSTU im. A.N. Kosygina, 2008. 268 p.

11. *Kuznetsov A.A., Olshansky V.I.* Evaluation and prediction of mechanical properties of textile threads. Vitebsk: VGTU, 2004. 226 p.

12. *Sevostyanov P.A.* Dynamics and models of the main spinning processes: Loosening, cleaning, mixing, carding and combing, drawing, twisting, winding, re-winding. Monograph. M.: CLUB-PRINT, 2021. 592 p.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 25.01.23 .

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_128

**ПРОИЗВОДСТВО МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ –
ДРАЙВЕР РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ РОССИИ**

**PRODUCTION OF MATERIALS WITH TARGET PROPERTIES AS
A DRIVER FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL TEXTILE IN RUSSIA**

О.В. КАЩЕЕВ

O.V. KASHCHEEV

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

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: ovk-job@rambler.ru

В работе проведен анализ состояния дел и выявлены проблемы, стоящие перед рынком технического текстиля в России. Предложена классификация технического текстиля, виды производства нетканых материалов. Подробно рассмотрены проблемы, стоящие перед производством технического текстиля: обеспеченность сырьем, кадры, высокая изношенность оборудования, засилье импорта. Проектирование и производство текстильных материалов с заданными свойствами – важнейший драйвер развития технического текстиля в России.

The paper analyzes the state of affairs and identifies the problems facing the technical textile market in Russia. A classification of technical textiles, types of production of non-woven materials are proposed. The problems facing the production of technical textiles are considered in detail: the availability of raw materials, personnel, high depreciation of equipment, dominance of imports. Design and production of textile materials with desired properties are the most important driver for the development of technical textiles in Russia.

Ключевые слова: технический текстиль, нетканые материалы, химические и искусственные волокна и нити, наукоемкое производство.

Keywords: technical textiles, nonwovens, chemical and artificial fibers and threads, knowledge-intensive production.

Важность технического текстиля трудно переоценить потому, что области применения его практически безграничны. Трудно найти такую отрасль хозяйства и сферу жизнедеятельности людей, где бы

не использовались текстильные технические материалы. И чем более индустриально развита страна, тем больше в ней выпускается технического текстиля.

Технический текстиль – наиболее динамично развивающаяся подотрасль текстильной промышленности как в мире, так и в Российской Федерации [1].

Что же такое технический текстиль? В мире к нему относят чуть ли не более 60% всей производимой текстильной продукции. Причем в более развитых странах доля технического текстиля выше.

Раньше в СССР к техническому текстилю (им ведало управление “Роспромткань”) относили только тяжелые технические ткани, сита и технический шелк, а вся прочая продукция, относящаяся к техническому текстилю, учитывалась в других подотраслях текстильной промышленности.

Общероссийский классификатор продукции ОКП относил 638 наименований изделий к техническому и специальному текстилю.

Автор в период 1999 – 2001 гг. изучил практически все существующие классификации технического текстиля, учел их недостатки и предложил свою классификацию, опубликованную в 2001 г. в журнале «Технический текстиль». Классификация осуществляется по следующим признакам: области применения; виды исходного сырья; тип производства.

За последние 20 лет в сфере производства и потребления технического текстиля произошли существенные структурные изменения. Это вызвано целым рядом объективных и субъективных факторов. Под воздействием НТП многие направления производства технического текстиля стали не востребованными на рынке, произошло сокращение их производства, закрылся ряд предприятий. Появился новый ассортимент продукции и новые предприятия, его выпускающие.

Все это нашло отражение в предлагаемой на рис. 1 измененной и дополненной классификации технического текстиля.

Предложенная классификация будет интересна как для производителей, так и для потребителей технического текстиля.

Поможет избежать терминологической путаницы.

Опираясь на предложенную классификацию, рассмотрим состояние дел в отечественном производстве технического текстиля и перспективы его развития.

Главное изменение, произошедшее в структуре технического текстиля, – это то, что производство нетканых материалов стало лидером по объемам и темпам роста, драйвером инновационного развития подотрасли.

Сегодня нетканые материалы более конкурентоспособны, чем традиционный текстиль. Они обладают значительно более короткой схемой производства, нежели многостадийное ткацкое или трикотажное производство. Они обладают уникальными потребительскими свойствами.

Лидирующей технологией производства нетканых материалов является холстообразование при фильерно-раздувном формовании из расплава полимеров – более половины всех видов произведенных нетканых материалов в мире.

Вторая по объему производства технология – текстильное холстоформирование (чесание в сочетании с аэродинамическим или гидроструйным способами соединения).

Производство по классическому кардинговому способу постепенно снижается, уступая двум первым – более производительным и экономически эффективным.

Многие эксперты считают, что развитие технического текстиля в 21 веке напрямую связано с внедрением и распространением нетканых материалов в традиционных и инновационных секторах экономики. Дополнительным толчком к увеличению темпов их производства стала пандемия коронавируса, которая стимулировала в России развитие новых направлений производства нетканых материалов по современным технологиям – фильерной и фильерно-раздувной (spunbond и meltblown) – из расплава полимера.



Рис. 1

Согласно результатам проведенного по заказу АО «Термопол» в 2022 г. РГУ им. А.Н. Косыгина исследования, 49% производства нетканых материалов в мире приходилось на легкие модификации плотностью до 25 г/м^2 , применяемые в основном для изготовления медицинских и гигиенических изделий [2].

Несколько иная тенденция наблюдается в РФ: помимо роста легких нетканых материалов, традиционно увеличивается спрос на плотные нетканые материалы, применяемые в дорожном строительстве,

объемы которого растут с началом реализации национального проекта «Безопасные и качественные дороги», стартовавшего в 2019 году.

В отличие от других сегментов технического текстиля российский рынок нетканых материалов в основном сформирован предложениями отечественных производителей. Объемы производства российскими предприятиями превышают импортные поставки в 2,7 раза [2].

Вместе с неткаными материалами увеличивается производство и потребление

следующих сегментов технического текстиля:

- медицинский текстиль. Растет спрос на средства индивидуальной защиты и одноразовые медицинские изделия, детские подгузники, гигиенические салфетки, продукцию для пожилых людей;

- текстиль для производства повседневной, рабочей, специальной и защитной одежды и обуви, включая обмундирование для силовых структур;

- геотекстиль во всех своих видах и проявлениях;

- текстиль для строительной индустрии;

- основы композиционных материалов;

- фильтровальные материалы;

- текстиль для авто- и судостроения, аэрокосмической промышленности;

- материалы с заданными и дополнительными свойствами (бактерицидные, адаптируемые под весовую нагрузку, с защитой от электромагнитного и УФ-излучения, радиации, с терморегуляцией и т.д.);

- негорючие материалы с функциями защиты не только от открытого пламени, но и термических рисков воздействия электрической дуги и др.;

- «умный текстиль» – сочетание последних достижений материаловедения и текстильных технологий с цифровыми технологиями. «Smart textile» – бурно растущее направление технического текстиля, включающее в себя не только цифровые технологии, но и «управляемые» технологии и «послушные» материалы», многофункциональные универсальные саморегулируемые материалы, способные к адаптивному функционированию в условиях изменяющейся внешней и внутренней среды, обеспечивающие термостабилизационный эффект в условиях интервальных нагрузок. Одна из последних разновидностей умного текстиля для одежды – это IFS (intelligent fiber system) – «самоорганизация системы», подстраивающейся под окружающую среду и делающей комфортным микроклимат в пододежном пространстве;

- футуристические сочетания материалов и методик их комбинирования: напы-

ление утеплителей на готовые изделия и/или ткани по принципу meltblown, подключение подогрева, питающегося энергией динамики тела, аэрогелевые композиты, сверхтонкие объемные нетканые утеплители (20 г/м²) с приданным функционалом, тиксотропные технологии (способность уменьшать вязкость (разжижаться) от механического воздействия и увеличивать вязкость (сгущаться) в состоянии покоя).

Несмотря на революционные изменения в структуре и направлении развития производства и потребления технического текстиля проблемы, стоящие перед отраслью, остались, к сожалению, те же, что и 20 лет назад.

Первая проблема – необеспеченность сырьем и в первую очередь химическими волокнами и нитями. Доля натуральных волокон в производстве технического текстиля неуклонно снижается и сегодня колеблется в пределах 5-10%. В производстве нетканых материалов этот процент еще ниже.

Основными видами сырья для производства нетканых материалов выступают: полимеры (чаще всего это ПП, ПЭТФ) и их производные (в виде гранулята, крошки, рециклинга и т.п.) – 44%; синтетические волокна – 47%; целлюлоза (древесная пульпа) – 7%; остальное – 2%. Волокна, используемые для производства нетканых материалов: ПЭТФ – 37%; ПП – 36%; вискозные/лиоцелл – 20%; биокomпонентные (в качестве склеивающей основы) – 6%; остальные – 1% [2].

За последние годы доли ПЭТФ и ПП практически сравнялись. Новые фильерные технологии ведут к росту спроса на эти два основных вида сырья для производства нетканых материалов.

Трендом последнего десятилетия стал полипропилен, обладающий хемостойкостью и бактерицидностью. Благодаря хорошей хемостойкости в грунтовой среде полипропиленовые волокна широко применяются для изготовления геотекстильных нетканых материалов, а легкость, хорошая формемость и технологичность термоскрепления способствуют их использованию в нетканых материалах автомобильного назна-

чения, сорбирующих материалах, санитарии и медицинских изделиях. С бурным ростом производства медицинского текстиля, санитарно-гигиенических изделий, сорбентов, геотекстиля и др. полипропилен может стать в ближайшие годы сырьем № 1.

Полиэфирные волокна остаются наиболее широко применяемыми в производстве технического текстиля. Наряду со стандартными, используются и специальные, например, полые и силиконизированные, применяемые при изготовлении объемных наполнителей.

Вискозные волокна и сухая целлюлозная масса – перспективный вид сырья для российской промышленности. Вискозные волокна в силу своей природы являются идеальными для изготовления сухих и увлажненных обтирочных материалов медицинского, гигиенического и другого потребительского назначения. Трендом выступает переработка в целлюлозу однолетних растений и в первую очередь лубяных культур.

Благоприятной основой для роста производства технического текстиля из искусственных волокон (в первую очередь из целлюлозы) стал рост цен на полимеры, как результат совокупности образовавшихся логистических сложностей для нашей страны сегодня, и рост мировых цен на нефть, газ и продукцию нефтехимии [2].

Научное и бизнес-сообщество уже давно обсуждает переход на цикличное производство, «зеленую экономику», ответственное производство и потребление. Российский текстиль движется в этом же направлении, но не «благодаря, а вопреки»: отсутствует отечественное производство первичных ПЭТФ, так необходимое для развития текстильной промышленности. Их производство постоянно откладывается, поскольку у производителей сырья есть серьезные опасения в экономической целесообразности проекта на фоне дешевого китайского сырья. Ключевую роль в решении этого вопроса должно сыграть государство, поскольку проект имеет стратегическое значение и без помощи со стороны регулятора реализовать его будет крайне сложно.

Отсутствие собственного производства полиэфирного подтолкнуло бизнес России к переработке и рециркуляции отходов.

Недостаток сырья, нерегулярность его поставок и нерегулируемый рост цен создали уникальный прецедент в истории отечественной промышленности: предприятия ускоренно переходят на систему самообеспечения сырьем, приобретая промышленные установки по выпуску полипропиленового и полиэфирного волокон. Производство и переработка различных полимерных продуктов, в том числе и нетканых материалов, показывает возможность реализовывать практически безотходное производство, осуществлять переход от использования первичного сырья в пользу переработанного. Причем вторичная переработка может быть не разовой (рециклинг), а многократной (полирециклинг).

Вторая проблема, стоящая перед подотраслью, производящей технический текстиль в России, – это кадры. Это касается как рабочих, так и инженерно-технических работников. Нехватка специалистов сопровождается старением работников текстильных предприятий, большинство рабочих основных профессий предпенсионного и пенсионного возраста. Людям этого возраста сложно осваивать новое компьютеризированное оборудование, технологические и управленческие процессы, основанные на цифровых технологиях.

Практически никто не готовит рабочих основных и вспомогательных профессий. Есть проблемы подготовки специалистов и в вузах. Нашему образованию по-прежнему не хватает практикоориентированности, низок уровень целевой подготовки.

Третьей проблемой является высокая изношенность основного технологического оборудования. Мала доля оборудования, эксплуатируемого не более 5 лет. Сильна зависимость от иностранных производителей оборудования, запасных частей, оснастки и комплектующих.

Четвертой проблемой является засилье импорта. Часто это еще и нелегальный импорт. К сожалению, мы не имеем статистических данных об объемах импорта

именно технического текстиля. Есть традиционные позиции импорта, такие, как супертяжелые ткани, мембранные материалы, композиционные материалы, «умный текстиль», а есть и новые позиции: нетканые материалы медицинского назначения, текстильные материалы технического назначения, имеющие ценовое преимущество перед отечественной продукцией, связанное с объемами производства и наличием у них собственной сырьевой базы.

Пятая проблема – научно-техническое отставание. Технический текстиль – наукоемкая продукция. Сегодня необходимо ставить задачу не только импортозамещения, но и опережающего развития.

Принципиально изменилось понятие *технический текстиль*. Это уже не суровые ткани, а ткани с пропиткой, отделкой (в т.ч. и адгезивами), дублированием, термообработкой (каландрированием), супертяжелые или суперлегкие ткани, ткани с заданными свойствами, суперширокие ткани и ткани с длиной в куске более 300 п.м, сетки и сита, геотекстиль, «умный текстиль» и многое другое. Новые технологии приведут к сокращению отходов и числа технологических операций, например, производство тканей непосредственно со шпулярика ведет к экономии основы за счет сокращения привязок новой основы к нитям сработанной, как это имеет место при традиционном ткачестве с навоя. В этой технологии есть еще один плюс – отсутствие операции снования [3].

Кто сможет создать и освоить производство технического текстиля, превосходящего зарубежные аналоги, получит всю прибыль от занятия этой ниши рынка. Чтобы это осуществить, нужны серьезные инвестиции в научные разработки и в модернизацию производства. Сегодня они невозможны без изменения существующей системы налогообложения и расширения участия государства. Будущее за частно-государственным партнерством.

Говоря о научных разработках, нельзя не констатировать тот факт, что в России сегодня практически все научные исследования и разработки ведутся в стенах уни-

верситетов. Именно университетская наука, опирающаяся на многопрофильность научно-образовательной деятельности, способна обеспечить синергию от комплексного участия разнопрофильных специалистов в решении общей задачи. Традиционные знания в области материаловедения и технологий производства вкупе с широким применением цифровых технологий позволят создать новую инновационную продукцию.

Для выпуска технического текстиля крайне важным является прогнозирование его свойств, создание изделий с заданными свойствами. Высокая себестоимость продукции диктует необходимость применения методов математического моделирования с использованием современной компьютерной техники.

В производстве технического текстиля важнейшей проблемой является правильный выбор критериев, позволяющих объективно оценивать и улучшать его качество, в том числе путем нахождения оптимальных параметров его строения. Например, на разрывную нагрузку смесовой ткани влияют различные факторы, такие, как разрывная нагрузка пряжи, плотность нитей по основе и утку, ширина полосы ткани, а также процентное содержание волокон в смеси, плотность и прочие свойства этих волокон.

Ученые РГУ широко применяют современные методы моделирования для облегчения нахождения функционального вида многопараметрических зависимостей проектируемого материала, что позволяет существенно снижать трудоемкость и материалоемкость создания нового ассортимента текстильных изделий [4], [5].

Шестая проблема – отсутствие общепромышленного информационно-аналитического центра текстильной и легкой промышленности, ведущего развернутый статистический учет выпуска продукции, других экономических показателей работы предприятий.

Проведенный анализ состояния дел в сфере производства технического текстиля позволяет сделать вывод: у отрасли есть будущее. Перспективы ее развития и по-

вышения конкурентоспособности связаны с обеспечением предприятий-производителей отечественным сырьем, созданием продукции с высокой добавленной стоимостью благодаря внедрению в производство научных исследований и опытно-конструкторских разработок, лучших мировых производственных практик, выходу на новые рынки сбыта.

Совместная работа – вот ключ к успеху. И прежде всего это совместная работа производителей и разработчиков технического текстиля, химических волокон и нитей, машиностроителей и всех, кто так или иначе связан с производством и сбытом технического текстиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кащеев О.В.* Российский рынок технического текстиля. Анализ, проблемы, тенденции и перспективы // Текстильная промышленность. 2001. N 3. С. 67...70.
2. *Ависькова В.А.* Аналитика рынка нетканых материалов и сырьевых компонентов, экспертный прогноз поставок. Эффективность внедрения технических новинок ООО "Термопол". М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. 78 с.
3. *Керимов С.Г., Попов Л.Н.* Производство технических тканей. М.: Легпромбытиздат, 1994.
4. *Шустов Ю.С.* Современные текстильные материалы технического и специального назначения: монография. М.: РГУ им. А. Н.Косыгина, 2020. 214 с.
5. *Кащеев О.В., Шустов Ю.С.* Анализ механических характеристик хлопколавсановой пряжи различного процентного содержания // Изв. вузов.

Технология текстильной промышленности. 2022. №5. С. 56...59.

6. *Севостьянов П.А., Шустов Ю.С., Кащеев О.В.* Моделирование деформационных свойств текстильных материалов с помощью модели Сен-Венана // Дизайн и технологии. 2021. № 83-84 (125-126). С. 162...167.

REFERENCES

1. *Kashcheev O.V.* Russian market of technical textiles. Analysis, problems, trends and prospects // Textile industry. 2001. N 3. S. 67-70.
2. *Aviskova V.A.* Analytics of the market of non-woven materials and raw materials, expert supply forecast. Efficiency of implementation of technical innovations of ООО "Termopol". Moscow: RSU them. A.N. Kosygin, 2021. 78 p.
3. *Kerimov S.G., Popov L.N.* Production of technical fabrics. Moscow: Legprombytizdat, 1994.
4. *Shustov Yu.S.* Modern textile materials for technical and special purposes. Monograph. Moscow: RSU them. A.N. Kosygin. 2020. 214 p.
5. *Kashcheev O.V., Shustov Yu.S.* Analysis of the mechanical characteristics of cotton-lavsan yarn of various percentages // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5. Pp. 56...59.
6. *Sevostyanov P.A., Shustov Yu.S., Kashcheev O.V.* Modeling the deformation properties of textile materials using the Saint-Venant model // Design and technology. 2021. No. 83-84 (125-126). P. 162...167.

Рекомендована организационным комитетом IV Международного научно-практического симпозиума «Технический текстиль России: нетканые материалы, сырье, реинжиниринг». Поступила 13.04.23.

УДК 667.6

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_135

**ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СТРОЕНИЯ МОЛЕКУЛ КРАСИТЕЛЕЙ
НА АНТИМИКРОБНУЮ АКТИВНОСТЬ
ОКРАШЕННЫХ ШЕРСТЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**FEATURES OF EFFECT OF DYE MOLECULE STRUCTURE
ON ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF DYED WOOL MATERIALS**

Г.И. ХАЗАНОВ, М.А. АПАНУШКИНА

G.I. KHASANOV, M.A. APARUSHKINA

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

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: hasanov_gr_1957@rambler.ru, paxt@yandex.ru

Проведено изучение особенностей строения ингибиторов протеолитических ферментов, выбраны препараты, используемые в текстильной промышленности и смежных областях, а также синтезированные препараты, содержащие в своем составе структурные элементы, способные ингибировать активность протеолитических ферментов. Продолжены исследования по антимикробной отделке шерстяных тканей. Изучена грибостойкость окрашенных по стандартным методикам образцов шерстяных тканей. Использованы выпускаемые промышленностью, а также синтезированные кислотные моноазокрасители, дисазокрасители, прямые красители. Установлено, что при окраске ткани красителями, имеющими в своем строении гидрофобные радикалы, входящие в систему двойных связей, грибостойкость у образцов отсутствует. При применении синтезированных красителей, в которых гидрофобный радикал не входит в систему двойных связей, окрашенный материал приобретает грибостойкость. Наилучший результат по грибостойкости достигается в случае двойного нарушения системы сопряженных двойных связей при введении в краситель гидрофобного ароматического радикала.

The structure of proteolytic enzyme inhibitors was studied, preparations used in the textile industry and related fields as well as synthesized preparations containing structural elements that can inhibit the activity of proteolytic enzymes were selected. The features of the selected drugs have been studied. Studies on antimicrobial finishing of woolen fabrics have been continued. The fungal resistance of samples of woolen fabrics stained according to standard methods was studied. Commercially available, as well as synthesized acid monoazo, dyes, disazo dyes, di-

rect dyes were used. It has been established that when fabric is dyed with dyes containing hydrophobic radicals included in the double bond system, the samples have no fungal resistance.. When using synthesized dyes in which the hydrophobic radical is not included in the double bond system, the colored material acquires fungal resistance. The best result in fungal resistance is achieved in the case of double disruption of the system of conjugated double bonds when a hydrophobic aromatic radical is introduced into the dye.

Ключевые слова: грибостойкость, ферменты, красители, шерстяная ткань.

Keywords: fungal resistance, enzymes, dyes, woolen tissue.

В представленной работе, направленной на защиту текстильных материалов от биоразрушения, использована следующая последовательность решения данной проблемы: 1) изучение особенностей строения ингибиторов протеолитических ферментов; 2) выбор препаратов, используемых в текстильной промышленности и смежных областях, а также синтезированных препаратов, содержащих в своем составе структурные элементы, способные ингибировать активность протеолитических ферментов; 3) изучение особенности строения препаратов с целью получения наибольшего положительного результата у обработанного ими текстильного материала.

Представленная работа является продолжением исследований, направленных на изучение особенностей строения препаратов и красителей для антимикробной отделки текстильных материалов [1].

При проведении исследований исходили из современных представлений о специфичности протеолитических ферментов. Десятки лет было принято считать, что специфичность протеолитических ферментов обусловлена размерами белкового субстрата. Затем было установлено, что специфичность протеолитических ферментов связана с особенностями строения боковой цепи полимера. В результате на смену старой классификации пришла современная классификация протеолитических ферментов [2-4]. Это в свою очередь привело к определенной путанице в ряде вопросов. Например, в книге Дж. Т. Марша «Заклучительная отделка текстильных материалов» (1956), с одной стороны, указывается, что шерсть разрушается под действием

трипсина, а с другой, что она разрушается под действием химотрипсина и пепсина, а трипсин только слегка повреждает волокно. Подобное несоответствие связано с изменением представлений о том, что есть трипсин. По старой классификации протеолитических ферментов специфичность ферментов обусловлена размером белкового субстрата.

Для того чтобы разобраться с вопросом, какие ферменты разрушают шерсть, следует обратить внимание, что чешуйчатый слой, не содержащий тирозина, значительно более устойчив, чем корковый слой, т. е. разрушение шерсти идет по тирозину. Тирозин – это аминокислота, содержащая в боковой цепи гидрофобный ароматический радикал. Ферменты химотрипсин и пепсин разрушают пептидные связи аминокислот, содержащих ароматические гидрофобные радикалы, а трипсин такой способностью не обладает [5]. Следовательно, разрушение шерсти происходит под действием химотрипсина и пепсина, а не трипсина. Именно это заключение использовано при проведении исследований.

В работе учитывались следующие данные: 1) в текстильной промышленности в качестве красителей широко используются различные классы органических веществ, содержащие в своем составе гидрофобные ароматические радикалы [1, 6]; 2) химические соединения, содержащие гидрофобные ароматические радикалы, в гомогенных условиях способны подавлять активность многих протеолитических ферментов, ответственных за разрушение белковых субстратов [5-7]. Причем эффективность ингибирования тем выше, чем боль-

ше размер гидрофобного радикала, а входящие в радикалы полярные заместители мало влияют на активность ферментов.

При проведении исследований учитывалось, что одними из основных разрушителей шерсти являются плесневые грибы [8-11]. Поэтому оценка антимикробных свойств окрашенных образцов ткани проводилась по величине ее грибостойкости согласно ГОСТ 9.802-84. Крашение образцов осуществлялось по стандартным методикам. Во всех случаях испытывались образцы с 3%-ной окраской.

В статье проведен анализ экспериментальных данных, представленных в работах [12, 13]. Изучены свойства образцов ткани, окрашенной 64 красителями, отдельные представители которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Вид красителя	Грибостойкость, балл
Моноазокрасители		
1		4
2		4
3		4
4		3
Дисазокрасители		
5		4

6		4
Прямые красители		
7		4
Синтезированные красители		
8		1
9		1
10		1
11		1
12		1
13		0
14		0

Как следует из табл. 1, шерстяная ткань, окрашенная кислотными моноазокрасителями (красители 1-4), имеющими гидрофобные ароматические радикалы, входя-

щие исключительно в состав системы сопряженных двойных связей, грибостойкости не проявляла. На биостойкость текстильного материала не влияли ни особенности строения красителей, ни размеры гидрофобных радикалов. Особое внимание в данном случае заслуживает серия красителей 1-3, которые имеют близкое строение и отличаются размерами гидрофобного радикала. Причем у всех образцов, окрашенных перечисленными красителями, биозащитные свойства отсутствуют. Следовательно, размер гидрофобного радикала не влияет на биостойкость окрашенных образцов.

Одной из причин отсутствия биостойкости у окрашенных образцов могут быть недостаточные размеры молекул применяемых для обработки химических соединений. Поэтому изучалась биостойкость образцов, окрашенных дисазокрасителями (красители 5-6), представляющими собой моноазокрасители, в состав которых с помощью азогруппы вводился дополнительный ароматический гидрофобный радикал. Например, 6-й краситель был получен путем введения в состав красителя 1 остатка анилина, а краситель 5 – путем введения в состав красителя 4 остатка анилина. В этом случае грибостойкость также отсутствовала. Таким образом, гидрофобные радикалы, входящие в систему сопряженных двойных связей молекулы красителей, не сказываются на грибостойкости окрашенных образцов. Данное положение справедливо как для моно-, так и для дисазокрасителей.

Еще больший размер молекул имеет прямой краситель 7, которым проводилось крашение шерстяной ткани по стандартной методике. Причем все гидрофобные радикалы в составе химического соединения 7 входят в систему сопряженных двойных связей. И в этом случае биостойкость у окрашенных образцов отсутствовала. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что гидрофобные радикалы, входящие в систему двойных связей в молекуле красителей, не оказывают влияния на биостойкость окрашенных образцов.

Полученные результаты до некоторой степени противоречат литературным дан-

ным [5], согласно которым ряд ферментов ингибируется химическими соединениями, содержащими в своем составе гидрофобные ароматические радикалы. Поэтому образцы шерстяной ткани пропитывались 1%-ным раствором красителей 1-7, отжимались до 100%-ной влажности и сушились. Промывка после обработки в данном случае отсутствовала. Полученные таким образом образцы испытывались на грибостойкость, которая во всех случаях имела значение 0 баллов, т. е. микроорганизмы непосредственно на текстильном материале не развивались. Следовательно, химические соединения, содержащие в своем составе гидрофобные ароматические радикалы и находящиеся на внешней поверхности волокон, способны придавать текстильным материалам антимикробные свойства.

В состав красителей также могут входить гидрофобные радикалы, не входящие в систему сопряженных двойных связей химических соединений. Поэтому изучалась биостойкость образцов, окрашенных красителями 8-12 [13]. В указанные красители гидрофобный ароматический радикал вводился за счет простой эфирной связи.

Как следует из табл. 1, образцы окрашенной шерстяной ткани красителями 8-12 имеют грибостойкость 1 балл, что указывает на возможность применения синтезированных красителей для антимикробной отделки текстильных материалов. Влияние количества атомов хлора и их расположения в молекуле красителей на антимикробную активность окрашенных образцов не выявлено. В данном случае заслуживает внимание тот факт, что красители 8-11 и краситель 6 (красный для сукна 2Р) имеют близкое строение и отличаются группой, за счет которой ароматический радикал входит в состав химического соединения. Но если образец, окрашенный красителем 6, не проявлял грибостойкости, то она имеет место в случае применения красителей 8-11. Следовательно, появление грибостойкости у образцов, окрашенных красителями 8-12, обусловлено нарушением системы двойных сопряженных связей в молекуле красителей.

Еще большей грибостойкостью обладают образцы, окрашенные красителями 13-14

с двойным нарушением сопряженных двойных связей в молекуле. Указанные красители являются гидролизованной формой известных активных монохлортриазиновых красителей с антимикробными свойствами [14]. Здесь следует обратить внимание на красители 12 и 14, имеющие близкое строение и отличающиеся количеством разъединяющих групп. Таким образом, для получения высокой грибостойкости у окрашенного текстильного материала необходимо двойное нарушение системы сопряженных двойных связей в молекуле красителя, за счет которых гидрофобный ароматический радикал вводится в состав химического соединения. Полученный результат может быть связан с пространственной ориентацией гидрофобного радикала на волокне.

ВЫВОДЫ

1. Гидрофобные ароматические радикалы, входящие в состав системы сопряженных двойных связей молекулы красителей, не оказывают влияния на биостойкость окрашенных образцов.
2. Окрашенный текстильный материал приобретает грибостойкость, если краситель имеет в своем составе ароматические гидрофобные радикалы, не входящие в систему сопряженных двойных связей.
3. Наилучший результат достигается в случае двойного нарушения системы сопряженных двойных связей при введении в краситель гидрофобного ароматического радикала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хазанов Г.И., Апарушкина М.А. Исследование влияния особенностей строения красителей на антимикробную активность текстильных материалов // Промышленные процессы и технологии. 2021. Т. 1, № 2. С. 44...54.
2. Немова Н.Н., Бондарева Л.А. К вопросу об эволюции протеолитических ферментов // Биомедицинская химия. 2008. Т. 54. Вып. 1. С. 42...57.
3. Rawlings N.D., Morton F.R., Barrett A.J. MEROPS: the peptidase database // Nucleic Acids. Res. 2006, vol. 34 (Database issue): D270–D272. DOI: 10.1093/nar/gkj089
4. Rawlings N. D., O'Brien E., Barrett A. J. MEROPS: the protease database // Nucleic Acids. Res.

2002, vol. 30 (1). P. 343...346. DOI: 10.1093/nar/30.1.343

5. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. М.: Иностранная литература, 2007. 730 с.

6. Вольнец А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений. Минск: Белорусская наука, 2013. 283 с.

7. Шамрайчук И.Л., Белякова Г.А., Еремина И.М., Кураков А.В., Белозерский М.А., Дунаевский Я.Е. Протеолитические ферменты грибов и их ингибиторы как перспективные биоцидные средства антифунгального действия // Вестник Московского университета, Сер. 16. Биология. 2020. Т. 75. С. 123...130.

8. Пехташева Е. Л., Неверов А. Н., Заиков Г. Е., Софьина С. Ю., Стоянов О.В. Биостойкость натуральных и синтетических текстильных волокон // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 7. С. 292...304.

9. Пехташева Е.Л., Неверов А.Н., Заиков Г.Е., Стоянов О.В. Воздействие микроорганизмов на шерстяные волокна // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 8. С. 147...157.

10. Пехташева Е.Л. Влияние микроорганизмов на структуру тонкого мериносолового волокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2001. №2. С. 18...20.

11. Парсанов А.С., Николаенко Г.Р. Стойкость шерстяных волокон к биологическому разрушению // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20, №4. С. 69...73.

12. Хазанов Г.И., Апарушкина М.А. Новые красители с антимикробными свойствами // Химические волокна. 2019. №6. С. 17...18.

13. Хазанов Г.И., Апарушкина М.А. Антимикробная активность текстильных материалов, окрашенных кислотными дис- и моноазокрасителями // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2015): сб-к материалов междунар. науч.-техн. конф. М.: МГУДТ, 2015. Ч. 2. С. 218...220.

14. А. с. 910703 СССР. Активные азокрасители с фунгицидными свойствами / И.Н. Горбачева, З.Ю. Козинда, Е.Г. Суворова и т.д.; опубли. 07.03.82, Бюл. № 9.

REFERENCES

1. Khazanov G.I., Aparushkina M.A. Investigation of the influence of the structural features of dyes on the antimicrobial activity of textile materials] // Industrial processes and technologies. 2021, vol. 1, № 2. P. 44...54.
2. Nemova N.N., Bondareva L.A. On the question of the evolution of proteolytic enzymes // Biomedical chemistry. 2008, vol. 54, issue1. P. 42...57.
3. Rawlings N.D., Morton F.R., Barrett A.J. MEROPS: the peptidase database // Nucleic Acids. Res. – 2006, vol. 34 (Database issue): D270–D272. DOI: 10.1093/nar/gkj089
4. Rawlings N.D., O'Brien E., Barrett A.J. MEROPS: the protease database// Nucleic Acids. Res.

– 2002, vol. 30 (1). P. 343...346.
DOI: 10.1093/nar/30.1.343

5. *Dikson M., Uebb E.* Enzymes. Moscow: Inostrannaia literature Publ, 2007. 730 p.

6. *Volynets A.P.* Phenolic compounds in the vital activity of plants. Minsk: Belorusskaia nauka Publ, 2013. 283 p.

7. *Shamraichuk I.L., Beliakova G.A., Eremina I.M., Kurakov A.V., Belozerskii M.A., Dunaevskii Ia.E.* Proteolytic enzymes of fungi and their inhibitors as promising biocidal agents of antifungal action // Bulletin of the Moscow University, ser. 16. Biology. 2020, vol. 75. P. 123...130.

8. *Pekhtasheva E.L., Neverov A.N., Zaikov G.E., Sofina S.Iu., Stoianov O.V.* BBiostability of natural and synthetic textile fibers // Bulletin of Kazan Technological University. 2012. № 7. P. 292...304.

9. *Pekhtasheva E.L., Neverov A.N., Zaikov G.E., Stoianov O.V.* The effect of microorganisms on wool fibers // Bulletin of Kazan Technological University. 2012, vol. 15, № 8. P. 147...157.

10. *Pekhtasheva E.L.* Effect of microorganisms on the structure of the fine merino fiber // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2001. №2. P. 18...20.

11. *Parsanov A.S., Nikolaenko G.R.* Resistance of wool fibers to biological destruction // Bulletin of the Technological University. 2017, vol. 20, № 4. P. 69...73.

12. *Khazanov G.I., Aparushkina M.A.* New beauties with antimicrobial properties // Chemical fibers. 2019. № 6. P. 17...18.

13. *Khazanov G.I., Aparushkina M.A.* Antimicrobial activity of textile materials stained with acidic dis- and monoazo dyes // Design, technologies and innovations in textile and light industry (INNOVATIONS-2015): Collection of materials of the International Scientific and Technical Conference. M.: MGUDT, 2015. Pt. 2. P. 218... 220.

14. A. s. 910703 USSR. Active azo dyes with fungicidal properties / I.N. Gorbachev, Z.Yu. Kozinda, E.G. Suvorov, etc.; publ. 03/07/82, Bulletin. No. 9.

Рекомендована кафедрой энергоресурсоэффективных технологий промышленной экологии и безопасности РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 19.04.23.

УДК 677.12

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_140

ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ ПОСЕВНОЙ КОНОПЛИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДИЦИНСКИХ ПОВЯЗКАХ

HEMP- BASED FIBRES AND THE POSSIBILITY OF THEIR USE IN MEDICAL BANDAGES

А.Н. ЗАХАРОВА, Д.А. ЛУТОВА, М.С. ЛИСАНЕВИЧ, А.В. КУЛИКОВ

A.N. ZAKHAROVA, D.A. LUTOVA, M.S. LISANEVICH, A.V. KULIKOV

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: lisanevichms@gmail.com

В данной работе представлены сферы применения конопляного волокна. В настоящее время волокна конопли посевной используются в различных отраслях промышленности. Однако в области медицины такие растительные волокна не имеют широкого применения.

В процессе работы проанализированы научные статьи, посвященные изучению свойств конопли. Приведен ряд преимуществ использования конопляного волокна в раневых повязках. Изучены антибактериальные и антиоксидантные свойства конопляного волокна, обусловленные его богатым

химическим составом. Подробно рассмотрено обезболивающее и противовоспалительное воздействие каннабидиола на раны различного характера. Выявлена целесообразность использования различных композитов на основе конопляного материала в раневых повязках благодаря усовершенствованным потребительским свойствам волокна.

Конопляное волокно располагает большими перспективами в медицинской сфере ввиду его экологичности и отсутствия негативного влияния на природу, окружающую среду и человека. Использование конопляного волокна в сочетании с доступными вспомогательными материалами в раневой повязке позволит изготовить высококонкурентный продукт с достойными потребительскими свойствами.

This paper presents the areas of application of hemp fiber. Currently, hemp seed fibers are used in various industries. However, in the field of medicine, such vegetable fibers are not widely used.

In the course of the work, scientific articles devoted to the study of the properties of hemp were analyzed. The article also lists a number of benefits of using hemp fiber in wound dressings. The antibacterial and antioxidant properties of hemp fiber due to its rich chemical composition have been studied. The analgesic and anti-inflammatory effects of cannabidiol on wounds of various nature are considered in detail. The expediency of using various hemp-based composites in wound dressings due to the improved consumer properties of the fiber has been revealed.

Hemp fiber has great prospects in the medical field due to its ecological compatibility and lack of harmful effects on nature, environment and humans. The use of hemp fiber in combination with available auxiliary materials in wound dressings will make it possible to produce a highly competitive product with decent consumer properties.

Ключевые слова: конопляные волокна, пенька, антибактериальность, каннабидиол, буллезный эпидермолиз, раневые повязки, гидрогели, нетканые композиты, армирование.

Keywords: hemp fibers, hemp, antibacterial properties, cannabidiol, bullous epidermolysis, wound dressings, hydrogels, nonwoven composites, reinforcement.

Введение

На сегодняшний день рынок раневых повязок представлен импортными аналогами, которые отличаются высокой стоимостью, в связи с ограничением импорта из Европы их становится все меньше. Запросы на раневые повязки со стороны потребительского сегмента растут, так как повязки отличаются функциональными характеристиками: удобством и комфортом применения, в том числе быстрым снятием. Мало российских производителей, способных предложить потребителю недорогую и при этом эффективную продукцию. Разработка раневой повязки на

основе отечественного природного сырья является актуальной задачей [1, 2].

В данной работе проведен анализ свойств конопляных волокон и возможности применения их в раневых повязках.

Основная часть

Конопляное волокно получают из стеблей конопли. Оно применяется в производстве текстиля, композитов и в других отраслях [3, 4].

Пенька – волокна конопли, отделанные мочкою в воде, мятьём в мялке, трёпкой и чёской от кострыги или деревянистых частей и коры (рис. 1).



Рис.1

Крини Г., Лихтфузе Э., Шане Г. и соавторы в своей научной статье разобрали понятие конопли посевной и ее применение в различных отраслях производства. *Cannabis sativa* L., посевная конопля (рис. 2) стала спорной культурой из-за своей генетической близости к растениям, производящим ТГК. ТГК, Δ^9 – тетрагидроканнабинол – химическое вещество, ответственное за психоактивные свойства. Марихуана, медицинский каннабис, содержит около 10–30% ТГК, в то время как конопля посевная относится к непсихоактивным разновидностям каннабиса – *sativa* L. Она имеет менее 0,2–0,3 % ТГК, но содержит высокий уровень каннабидиола (КБД, CBD) [5].



Рис.2

Именно *Cannabis sativa* L. целесообразно использовать в раневых повязках. Из-

вестно, что выращивание конопли в промышленных целях регулируется Федеральным законом "О наркотических средствах и психотропных веществах" от 08.01.1998 № 3-ФЗ [6]. В нем четко регламентируется культивирование и выращивание конопли в научных, медицинских и промышленных целях, не связанных с изготовлением наркотических веществ.

Сырые волокна конопли обладают антибактериальными и антиоксидантными свойствами, которые обусловлены содержанием фенольных кислот, известных как природные антиоксиданты, в химическом составе волокна. К примеру, на рис. 3 показаны штаммы бактерий *Staphylococcus aureus*, располагающиеся непосредственно на поверхности чистого конопляного волокна. Вымоченные росой волокна конопли проявляют активность в отношении бактерий *Staphylococcus aureus*, убитые бактерии принимают форму оранжевых частиц.

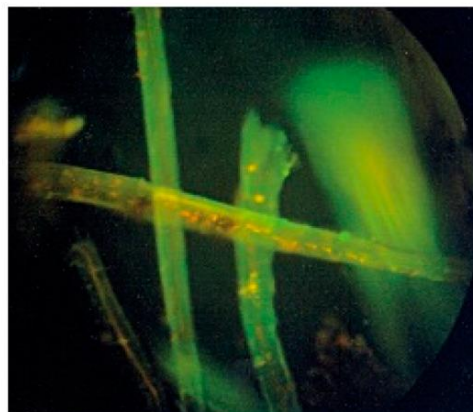


Рис. 3

Для усиления вышеупомянутых характеристик конопляных материалов есть возможность дополнительно на поверхность ткани наносить каннабидиол, извлеченный из метелок промышленной конопли.

Каннабидиол – это фитоканнабиноид, лишенный психоактивной составляющей, обладающий обезболивающим, противовоспалительным и противоопухолевым действием [7].

Многие исследователи сообщили об антибактериальной активности каннабиноидов в отношении широкого круга бактерий. К примеру, Аппендино и др. [8] из-

влекли из конопли все пять основных каннабиноидов: CBD, CBC, CBG, Δ 9–THC и CBN и изучали их антибактериальные характеристики. Обнаружено, что все они проявляют мощную активность в отношении различных метициллин-резистентных золотистых стафилококков (MRSA) [8].

В то же время многие исследователи изучали влияние КБД на здоровье человека. Малкольм П. Челия и соавторы в своем исследовании обнаружили, что КБД действует как анальгетик, способствуя заживлению ран при буллезном эпидермолизе.

Буллезный эпидермолиз – это редкое кожное заболевание с образованием пузырей. В обзорном исследовании сообщается о трёх случаях самостоятельного местного применения каннабидиола пациентами с буллезным эпидермолизом. Все трое сообщили о более быстром заживлении ран, меньшем образовании волдырей и уменьшении боли [9].

В испытаниях на людях Б. Палмиери и соавторы обнаружили, что местное применение КБД улучшило состояние кожных покровов при псориазе: уменьшило индекс тяжести псориаза, атопическую экзему и рубцевание тканей, кроме того, повысило увлажнение и эластичность кожи [10].

В одном из исследований использован метод *золь – гель* для разработки композита гидрогеля конопли/альгината. Нетканый материал из пеньки изготавливали иглопробивным способом, затем помещали в раствор альгината и сшивали с помощью CaCl_2 , сушили при 30°C в течение 24 часов для получения композита. Более того, три разные концентрации альгината (0,75%, 1,25% и 1,5%) и три разные поверхностные плотности нетканых материалов использовали для проверки влияния этих двух параметров на свойства полученного композита. Статистический анализ показал, что на характеристики разработанного композита в большей степени повлияла концентрация альгината [11].

Полиуретан и хитозан также часто используются в перевязочных материалах для ран из-за их превосходных барьерных свойств и кислородопроницаемости. Нановолокнистая полиуретановая мембрана с

добавлением конопли, изготовленная методом электропрядения, может быть достаточно эффективно использована в качестве перевязочного материала для ран. Опять же асимметричная хитозановая мембрана с добавлением конопли, которая известна своими антибактериальными свойствами, может быть очень полезной повязкой для ран со способностью предотвращать инфицирование поврежденной кожи [4].

В последнее время гидрогели приобретают все большее значение в биомедицине. Чистые гидрогели обычно непрочны и ломки, поэтому в структуру гидрогеля ассимилируются армирующие элементы. Капоковые и конопляные волокна используются в качестве армирующих материалов. Исследовано влияние концентрации альгината и массовой доли волокна на механические характеристики и водопоглощение. Армирование обоими волокнами повысило прочность альгинатно-гидрогелевого волокна, но армирование коноплей показало лучшие механические свойства: армирование капоком привело к максимальной прочности на растяжение 174 сН (1,24 % удлинения) и 432 % впитываемости экссудата, в то время как армирование коноплей привело к 185 сН (1,48 % удлинения) и 435 % впитываемости экссудата [12].

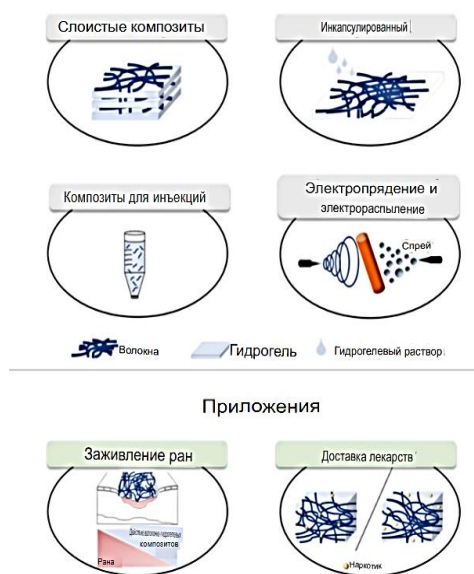


Рис. 4

Композиты волокно-гидрогель со слоистой структурой возникают в результате соединения индивидуально изготовленных волокон и гидрогелей, которые могут быть организованы в слои с различной ориентацией. Инкапсуляция волокон в гидрогели может быть результатом сшивания раствора гидрогеля непосредственно в волокнах (рис. 4).

Рассмотренные композиционные гидрогелевые волокна с улучшенными механическими свойствами способны высвободить лекарственные средства и обладают антибактериальной эффективностью, что делает их перспективным вариантом для использования в качестве перевязочных материалов для ран [13].

Конопляное волокно имеет разнонаправленное применение, но редко встречается в медицине (рис. 5). В настоящее время разработки раневых повязок на основе конопляного волокна носят научно-исследовательский характер.

Раневая повязка на основе растительного сырья является экологически чистым материалом, так как волокно конопли биоразлагаемое и безотходное в производстве, охватывает идею низкоуглеродного решения, легкое в переработке и утилизации [14, 7].

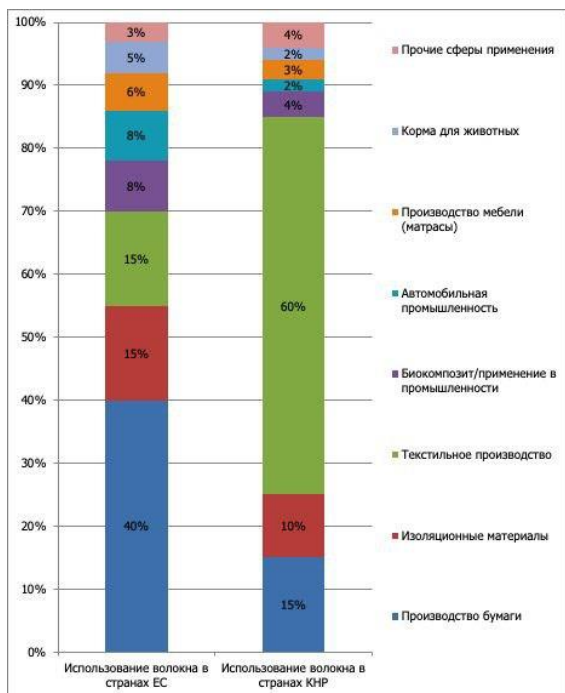


Рис. 5

ВЫВОДЫ

Рассмотренные композиты на основе конопли отличаются улучшенными механическими свойствами, обладают антибактериальной активностью к ряду патогенных бактерий, что, в свою очередь, позволяет использовать их в раневых повязках.

На данный момент в ФГБОУ ВО «КНИТУ» на кафедре медицинской инженерии разрабатывается раневая повязка на основе конопляных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисаневич, М.С. Исследование потребительских характеристик материалов Холлофайбер® для раневых покрытий / М.С. Лисаневич, Р.Ю. Галимзянова // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 67, № 8. С. 42...46.
2. Апполонова, Д.К. Раневые покрытия на основе полиэфирных нетканых материалов / Д.К. Апполонова, М.С. Лисаневич // Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности: сб-к статей Всерос. науч.-техн. конф., Казань, 14–15 ноября 2019 года / под ред. Л.Н. Абуталиповой. Казань: КНИТУ, 2019. С. 51...53.
3. Сакошев Е.Г., Блазнов Ф.Н. Анализ свойств и области применения растительных волокон // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 90-летию академика Саковича Г.В. Барнаул: Алтайский гос. технич. ун-т им. И.И. Ползунова, 2021. С. 169...179.
4. Khan B.A., Warner P. and Wang H. Antibacterial properties of hemp and other natural fibre plants: A review // BioRes. 2014, 9(2), 3642-3659.
5. Crini G., Lichtfouse E., Chanut G. et al. Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review // Environ Chem Lett. 2020, 18, 1451–1476.
6. Федеральный закон от 8 января 1998 г. N 3-ФЗ "О наркотических средствах и психотропных веществах" // Собрание законодательства РФ.
7. Zimniewska M., Pawlaczyk M., Romanowska B., Grysczyńska A., Kwiatkowska E., Przybylska P. Bioactive Hemp Clothing Modified with Cannabidiol (CBD) Cannabis sativa L. Extract // Materials (Basel). 2021. Oct.13, 14(20):6031.
8. Appendino G., Gibbons S., Giana A., Pagani A., Grassi G., Stavri M., Smith E., Rahman MM. Antibac-

terial cannabinoids from *Cannabis sativa*: a structure-activity study // *J Nat Prod*. 2008 Aug; 71(8):1427-30.

9. Malcolm P. Chelliah BA, Zachary Zinn MD, Phoung Khuu MD, Joyce M.C. Teng MD. Self-initiated use of topical cannabidiol oil for epidermolysis bullosa // *Pediatric Dermatology*, July/August 2018, 35(4), e224-e227.

10. Palmieri B., Laurino C., Vadalà M. A therapeutic effect of cbd-enriched ointment in inflammatory skin diseases and cutaneous scars // *Clin Ter*. 2019, Mar-Apr; 170(2):e93-e99.

11. Ahmad F., Mushtaq B., Ahmad S. et al. A Novel Composite of Hemp Fiber and Alginate Hydrogel for Wound Dressings // *J Polym Environ* 2023, 31, 2294–2305.

12. Farooq Azam, Faheem Ahmad, Sheraz Ahmad, Muhammad Sohail Zafar, Zeynep Ulker. Synthesis and characterization of natural fibers reinforced alginate hydrogel fibers loaded with diclofenac sodium for wound dressings // *International Journal of Biological Macromolecules*, In progress (30 June 2023). Vol. 241, 124623.

13. Teixeira MO, Antunes JC, Felgueiras HP. Recent Advances in Fiber-Hydrogel Composites for Wound Healing and Drug Delivery Systems // *Antibiotics* (Basel). 2021, Mar. 2; 10(3): 248.

14. Dhakal H.N., Zhang Z. The use of hemp fibres as reinforcements in composites // *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*. 2015, 86-103.

REFERENCES

1. Lisanevich, M.S. Study of consumer characteristics of Hol-Lofiber® materials for wound coatings / M.S. Lisanevich, R.Yu. Galimzyanova // Butlerov's messages. 2021. T. 67, № 8. P. 42...46.

2. Appolonova D.K. Wound coatings based on polyester nonwoven materials / D.K. Appolonova, M.S. Lisanevich // *Fundamental and applied problems of creating materials and aspects of textile and light industry technologies: Collection of articles All-Russian Scientific and Technical Conference, Kazan, 14-15 November 2019 / edited by L. N. Abutalipova. Kazan: Kazan National Research Technological University, 2019. P. 51...53.*

3. Sakoshev E.G., Blaznov F.N. Analysis of the properties and scope of plant fibers // *Technologies and equipment of the chemical, biotechnological and food industries: Proceedings of the XIV All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation, dedicated to the 90th anniversary of Academician Sakovich G.V. Barnaul: Altai State Technical University. I.I. Polzunova, 2021. P. 169...179.*

4. Khan B. A., Warner P., and Wang H. Antibacterial properties of hemp and other natural fiber plants: A review // *BioRes*. 2014. 9(2), 3642-3659.

5. Crini, G., Lichtfouse, E., Chanet, G. et al. Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review // *Environ Chem Lett*. 2020, 18, 1451–1476.

6. Federal Law of January 8, 1998 N 3-FZ "On Narcotic Drugs and Psychotropic Substances" // *Collection of Legislation of the Russian Federation*.

7. Zimniewska M., Pawlaczyk M., Romanowska B., Gryszczyńska A., Kwiatkowska E., Przybylska P. Bioactive Hemp Clothing Modified with Cannabidiol (CBD) *Cannabis sativa* L. Extract // *Materials* (Basel). 2021. Oct.13, 14(20):6031.

8. Appendino G., Gibbons S., Giana A., Pagani A., Grassi G., Stavri M., Smith E., Rahman MM. Antibacterial cannabinoids from *Cannabis sativa*: a structure-activity study // *J Nat Prod*. 2008 Aug; 71(8):1427-30.

9. Malcolm P. Chelliah BA, Zachary Zinn MD, Phoung Khuu MD, Joyce M. C. Teng MD. Self-initiated use of topical cannabidiol oil for epidermolysis bullosa // *Pediatric Dermatology*, July/August 2018, 35(4), e224-e227.

10. Palmieri B, Laurino C, Vadalà M. A therapeutic effect of cbd-enriched ointment in inflammatory skin diseases and cutaneous scars // *Clin Ter*. 2019, Mar-Apr;170(2):e93-e99.

11. Ahmad F., Mushtaq B., Ahmad S. et al. A Novel Composite of Hemp Fiber and Alginate Hydrogel for Wound Dressings // *J Polym Environ* 2023, 31, 2294–2305.

12. Farooq Azam, Faheem Ahmad, Sheraz Ahmad, Muhammad Sohail Zafar, Zeynep Ulker. Synthesis and characterization of natural fibers reinforced alginate hydrogel fibers loaded with diclofenac sodium for wound dressings // *International Journal of Biological Macromolecules*, In progress (30 June 2023), Vol. 241, 124623.

13. Teixeira MO, Antunes JC, Felgueiras HP. Recent Advances in Fiber-Hydrogel Composites for Wound Healing and Drug Delivery Systems // *Antibiotics* (Basel). 2021, Mar. 2; 10(3): 248.

14. Dhakal H.N., Zhang Z. The use of hemp fibres as reinforcements in composites // *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*. 2015, 86-103.

Рекомендована кафедрой медицинской инженерии КНИТУ. Поступила 05.06.23.

УДК 621.01

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_146

COMPRESSION TESTING OF SAW GASKETS OF A LINTER MACHINE

ИСПЫТАНИЯ МЕЖДУПИЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК
ЛИНТЕРНОЙ МАШИНЫ НА СЖАТИЕ

D.M. MUKHAMMADIEV, F.KH. IBRAGIMOV, O.Kh. ABZOIROV, L.Yu. ZHAMOLOVA

Д.М. МУХАММАДИЕВ, Ф.Х. ИБРАГИМОВ, О.Х. АБЗОИРОВ, Л.Ю. ЖАМОЛОВА

(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 testing the saw blades of a linter machine under compression. A universal testing machine was used in compression testing of saw gaskets of a linter machine made from aluminum alloy AK5M2 and steel St3. An analysis of the test results showed that with an increase in the sheet width from 1 mm to 2 mm, the deformation decreases from 0.0126 mm to 0.0004 mm, respectively. Therefore, in the manufacture of the gasket for the linter machine with the provision of resistance to deformation and low cost, it is necessary to use St3 sheet with a width of at least 1.5 mm. For the design of a saw gasket of 1.5 mm wide, the stress is 0.12 MPa and the compression force is 125.4 N; this leads to a 4.7 times increase in the deformation resistance during the assembly of the saw cylinder.

В статье представлены результаты испытаний междупильных прокладок линтерной машины на сжатие. При испытании междупильных прокладок линтерной машины на сжатие как из алюминиевого сплава АК5М2, так и стального Ст3 использована универсальная испытательная машина. Анализ результатов испытаний показал, что с увеличением ширины полосы с 1 мм до 2 мм деформация соответственно снижается с 0,0126 мм до 0,0004 мм. Поэтому при изготовлении прокладки линтерной машины с обеспечением устойчивости к деформациям и сниженной себестоимости необходимо использовать сталь 3 с шириной не менее 1,5 мм. Для этой конструкции междупильной прокладки с шириной 1,5 мм напряжение составляет 0,12 МПа, а сила сжатия 125,4 Н, что приводит к увеличению устойчивости к деформациям в процессе сборки пильного цилиндра в 4,7 раза.

Keywords: linter machine, saw cylinder, saw gasket, aluminum alloy AK5M2, St3, compression, stress, compression force, deformation.

Ключевые слова: линтерная машина, пильный цилиндр, междупильная прокладка, алюминиевый сплав АК5М2, сталь 3, сжатие, напряжение, сила сжатия, деформация.

Introduction

In the existing designs of linter machines, gaskets made of aluminum AK5M2 (fig. 1a) are used; they are mounted on the shaft along the entire length with gaps for saws to enter the working chamber through the ribs [1]. The operating practice of existing linter machines shows that the design of the elements of the saw-rib system does not allow obtaining the specified accuracy of assembly, which leads to a violation of spatial coordination between the conjugated links of the system [2].

The assembly of ribs is extremely time-consuming and requires a lot of highly skilled labor to perform fitting works. The principle of assembling ribs according to the method of individual fitting is applied not because of technical necessity, but because of the unresolved issues of accuracy and the low technology of design of the rib itself and its elements [3].

The main reason for the low operational reliability of the ribs is the premature wear of ribs, which leads to the premature exit of furry seeds from the working chamber of the linter machine.

In order to eliminate these shortcomings, it becomes necessary to identify the reasons for the low reliability of the saw-rib system and develop new designs that can improve the performance of linter machines while maintaining the quality of the linter and reducing its cost.

It is known that most of the ribs in the grate wear out from direct contact with the saws due to their warping and assembly errors of the saw cylinder [2, 3].

During the operation of the linter machine, the wear of ribs leads to an increase in the inter-rib gap in the working area and disruption of the linting process.

When assembling the saw cylinder of a linter machine, the technological gaps be-

tween the saw blades fluctuate over a wide range. As a result, saw blades exert additional lateral pressure on the ribs, which leads to damage to seeds and lint, and to intensive wear of the ribs [2].

Materials and methods

There are the following design and technological solutions [4] used to avoid the above disadvantages of the saw cylinder of a linter machine

- reducing the weight of the saw gasket due to the fact that through holes are made in the blade between the outer and inner diameters;

- ensuring balancing between the saw blade due to the fact that two proximate holes on the blade, located on the diametrically opposite side from the welds, are made with a reduced size;

- ensuring the coordination of the saw blades on the saw cylinder due to the fact that a second belt with holes is installed in the inner hole of the blade;

- ensuring the rigidity of the fastening of the saw blades in the saw cylinder due to the fact that in the inner surface of the blade, on the diametrically opposite side from the weld, a protrusion is made in the form of a straight-sided slot with the possibility of the protrusion entering the hole of the second belt and the groove of the saw cylinder shaft (fig. 1b).

The study in [5] presents the results of theoretical calculations of the stability of the saw blade of a 5LP linter machine under compression. An increase in the number of half-waves for steel St3 ($n=0.4672$) in contrast to aluminum AK5M2 ($n=0.3276$) by 42.6% and a critical compressive force (for St3 - $T_{cr}=2263.4$ MPa and for AK5M2 - $T_{cr}=1642.3$ MPa) by 37.8% was stated. According to the results of calculations of the stability of saw gaskets made of St3 and aluminum AK5M2, it is recommended to use a

steel saw gasket when assembling the saw cylinders of the 5LP linter machine.



a) b)

Fig. 1

The study in [5] presents the results of theoretical calculations of the stability of the saw blade of a 5LP linter machine under compression. An increase in the number of half-waves for steel St3 ($n=0.4672$) in contrast to aluminum AK5M2 ($n=0.3276$) by 42.6% and a critical compressive force (for St3 - $T_{cr}=2263.4$ MPa and for AK5M2 - $T_{cr}=1642.3$ MPa) by 37.8% was stated. According to the results of calculations of the stability of saw gaskets made of St3 and aluminum AK5M2, it is recommended to use a steel saw gasket when assembling the saw cylinders of the 5LP linter machine.

However, to determine the practical stability of the recommended design of saw gasket, it is necessary to subject them to a compression test.

To determine the compressive stability of the saw blades of the linter machine, made of aluminum alloy AK5M2 and steel St3, the universal testing machine WAW-1000D was used (fig. 2) [6].

Universal testing machine WAW-1000D for tension and compression consists of: 1 – control unit; 2 – Maxtest software; 3 – traverses with a helical column; 4 – grippers (wedge clamps); 5 – 4-column load frame; 6 – test space for tension; 7 – test space for compression; 8 – oil cylinder (fig. 2).

To test samples for compression, it is necessary to mount the upper pressure plate 4 on the lower part of the lower beam 6 and fix the cap with screws 3. The lower saddle of the ball plate is positioned by cap 7 and placed on the desktop. In this case, installation with an inclination is allowed. It fits the flat sample under pressure, and the centerline must match

the centerline of the pressure plate 6 to avoid eccentricity (fig. 3: 1 – Traverse; 2 – Tap; 3 – Bolts; 4 – Upper pressure plate; 5 – Sample; 6 – Lower pressure plate; 7 – Tap; 8 – Bench).

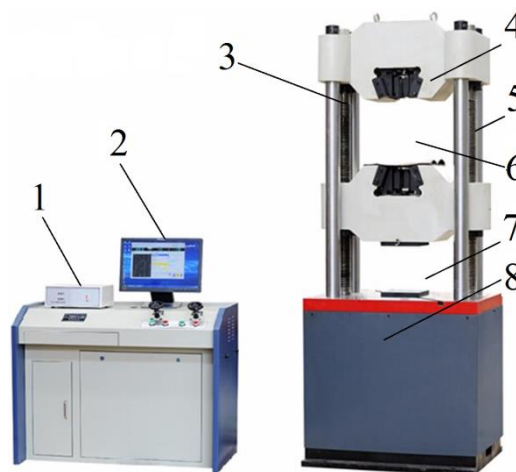


Fig. 2

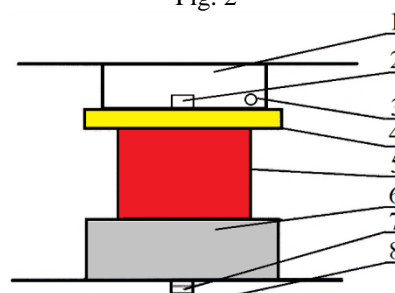


Fig. 3

Basic requirements, methods, and equipment set standards for testing samples to determine the characteristics of mechanical properties and tensile strength of construction and other materials at a certain temperature [7].

The standard establishes a method for testing specimens to determine the mathematical relationship between stress and strain and to evaluate the ultimate strength. The mechanical characteristics defined in the standard can be used in [8]:

- selection of materials and justification of design solutions;
- acceptance inspection sampling of normalization of mechanical characteristics and evaluation of the quality of materials;
- development of technological processes and product design;
- calculations for the strength of structural elements.

Instruments and systems for measuring the deformation of materials must be accurate enough to perform a reliable analysis of the stress-strain state over the entire measurement range.

Results and discussions

The results of experimental tests for compression of the saw blades of a linter machine made of aluminum alloy AK5M2 and steel St3 (with a blade thickness of 1, 1.5, and 2 mm) are shown in fig. 4-7.

According to the requirements of experiment planning, the interval for varying the load on the sample was changed. Mathematical processing of the results of the experiment was performed with a level of reliability ($\rho=0.95$) [9-11].

Experimental results show that an increase in the area of contact between the gasket and saw blades leads to an increase in stress in the working area. The axial compression force of the saw blades when assembling the saw cylinder should not be less than $20 \cdot 10^3$ N [2].

If we take the area of contact of the gasket of the linter machine as 0.00209 m^2 , then the stress is 9.567 MPa. Here, 159 saw gaskets are installed on the saw cylinder, the tightening force on one gasket is 125.786 N, and the stress is 0.06 MPa.

The gaskets of linter machines made from different materials and at the same load values have different strain and stress values. It is known that the influence of forces on materials leads to the deformation of gaskets in linter machines. To study this process, materials for linter machines made of steel 3 and aluminum were chosen (fig. 4-7). The values of strain and stress are determined for the same working areas. Generally, the area of a serial (aluminum) gasket of linter machines is on average $2.09 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, while the proposed steel (Steel 3) gaskets with a thickness of 1.5 mm have an area of $1.04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, that is, the area is reduced to 2 times.

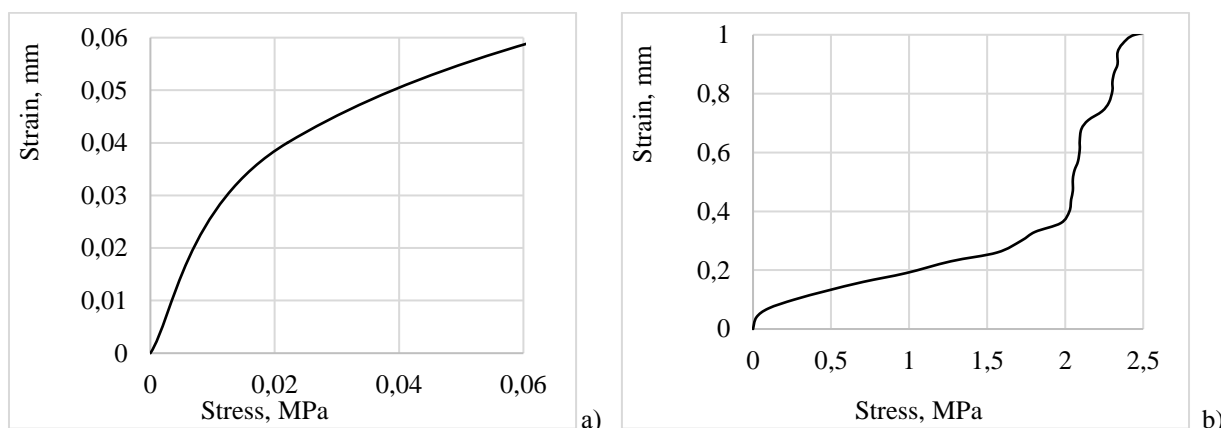


Fig. 4

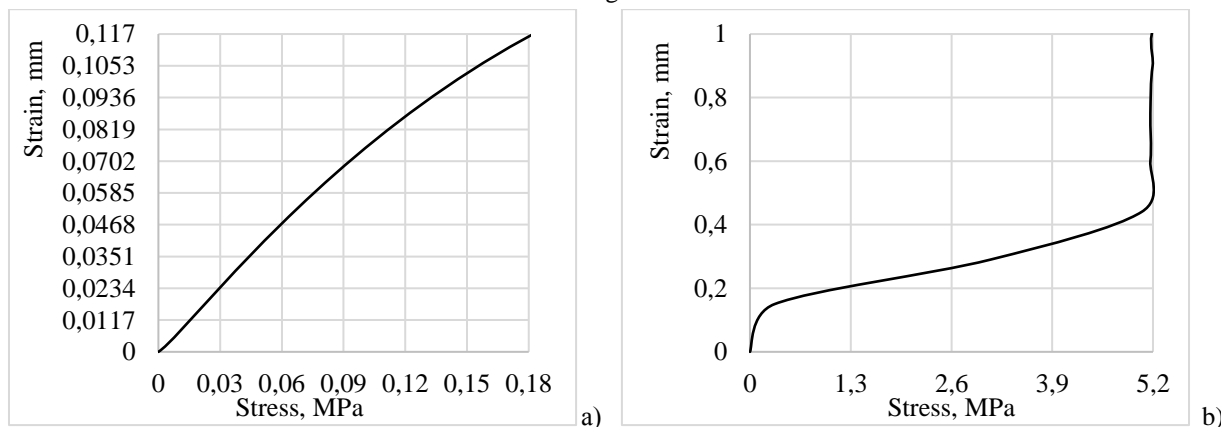


Fig. 5

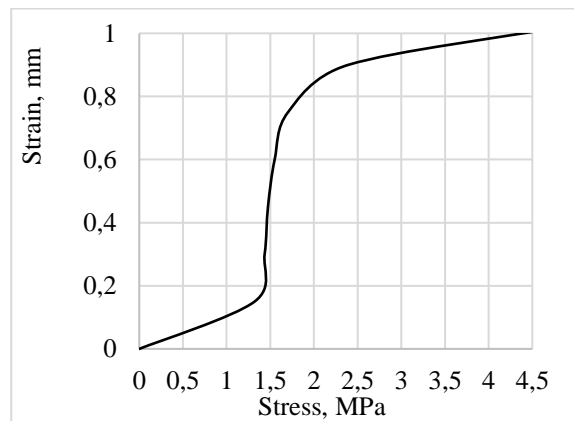
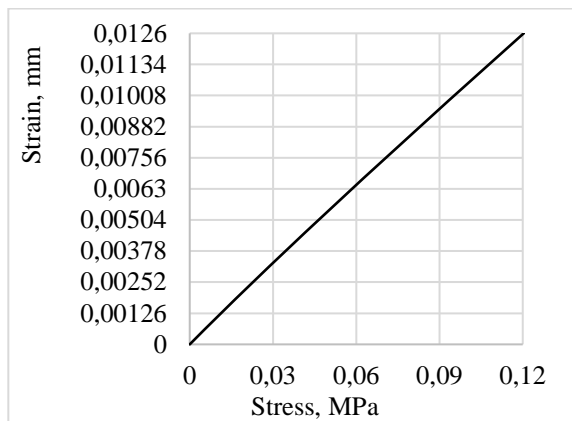


Fig. 6

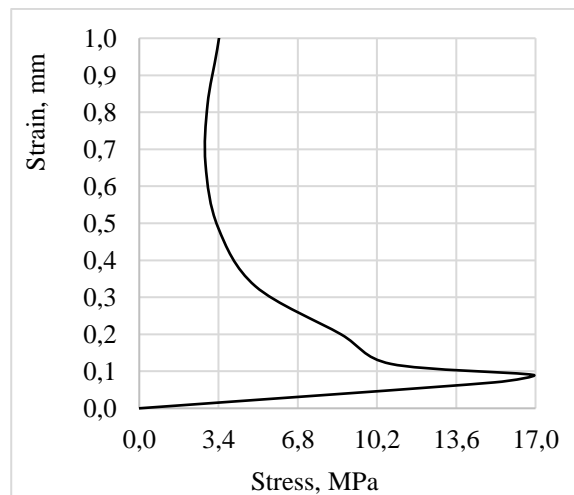
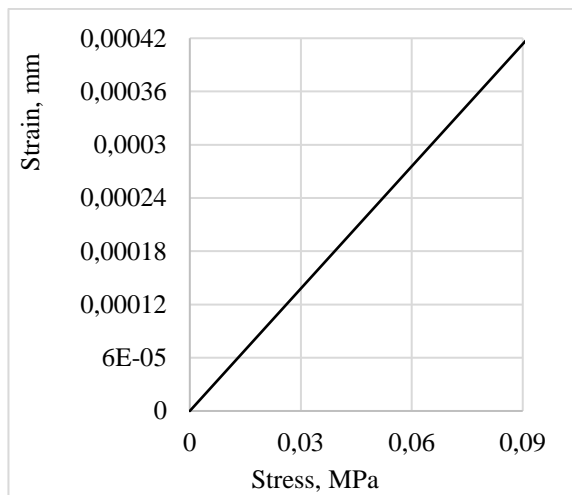


Fig. 7

Table 1

№	Sort and material of gasket	Thickness, mm	Width, mm	Contact area, mm ²	Compression force, N	Stress, MPa	Strain, mm	Difference, %
1	aluminum (AK5M2)	8.75	3	0.00209	125.4	0.06	0.06	100.0
2	St 3	8.75	1	0.00070	125.4	0.18	0.114	52.6
3	St 3	8.75	1.5	0.00104	125.4	0.12	0.0126	476.2
4	St 3	8.75	2	0.00139	125.4	0.09	0.0004	14285.7

According to the results of the research, it was found that the accuracy of fastening increases, and the contact area of the steel gasket decreases, which leads to a decrease in the tightening force of the saw blades.

The results of an experimental study on compression of the gaskets of linter machines (strain and stress) using the WAW-1000D universal testing machine are shown in table 1.

An analysis of the test results showed that, with an increase in the sheet width from 1 mm to 2 mm, the deformation decreases from 0.0126 mm to 0.0004 mm. Therefore, for the manufacture of the gasket of the linter machine, in terms of resistance to deformation

and cost, it is necessary to use steel 3 with a width of at least 1.5 mm. For this design, the stress is 0.12 MPa and the compression force is 125.4 N; the resistance to deformation during the assembly of the saw cylinder is increased by 4.7 times.

CONCLUSIONS

According to the results of the research, it was found that the accuracy of fastening increases and the contact area of the steel gasket decreases, which leads to a decrease in the tightening force of the saw blades on the shaft of the saw cylinder of the linter machine. In

addition, it was found that, with an increase in the sheet width from 1 mm to 2 mm, the deformation decreases from 0.0126 mm to 0.0004 mm. Therefore, for the manufacture of a gasket for a linter machine, steel 3 with a width of at least 1.5 mm is required. For a gasket with a width of 1.5 mm, the stress is 0.12 MPa, and the pressure force is 125.4 N; so, the resistance to deformation during the assembly of the saw cylinder increases by 4.7 times.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паспорт пильного линтера 5ЛП. Ташкент: ТГСКБ по хлопкоочистке, 1981. 18 с.

2. *Мирошниченко Г.И.* Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. М.: Машиностроение, 1972. 485 с.

3. *Тютин П.Н., Меламедов Р.Ю.* Применение калибровки при изготовлении междупильных джинно-линтерных прокладок // Хлопковая промышленность. 1975. №3. С. 14...16.

4. *Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х. и др.* Междупильная прокладка для хлопкоочистительных машин. Патент РУз № IAP 06691 // Официальный бюллетень Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. 2022. №1(249). С. 90...91.

5. *Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзоров О.Х., Жамолова Л.Ю.* Расчет устойчивости междупильной прокладки при сжатии // Современные инновации, системы и технологии. 2022. № 2(4). С. 0301...0311. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0301-0311>

6. <https://www.directindustry.com.ru/prod /chengyu-testing-equipment-co-ltd/product-223988-2465268.html>

7. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. М.: Госстандарт СССР, 1986.

8. ГОСТ 11701-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент. М.: Госстандарт СССР, 1986.

9. *Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.

10. *Тихомиров В.Б.* Планирование и анализ эксперимента. М.: Легкая индустрия, 1974. 260 с.

11. *Аугамбаев М., Иванов А.З., Терехов Ю.Т.* Основы планирования научно-исследовательского эксперимента. Т.: Ўқитувчи, 1993. 141 с.

REFERENCES

1. Passport of saw linter 5LP. – Tashkent: TGSKB for cotton cleaning, 1981. 18 p.

2. *Miroshnichenko G.I.* Fundamentals of designing machines for the primary processing of cotton. Moscow: Engineering, 1972. 485 p.

3. *Tyutin P.N., Melamedov R.Yu.* The use of calibration in the manufacture of saw gin-linter gaskets // Cotton industry. 1975. No. 3. P. 14...16.

4. *Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh. et al.* Intersaw gasket for cotton gins. Patent of the Republic of Uzbekistan No. IAP 06691 // Ofitsial'nyy byulleten' Agentstva po intellektual'noy sobstvennosti Respubliki Uzbekistan. 2022, №1(249). S. 90...91.

5. *Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh., Zhamolova L.Yu.* Calculation of the stability of the saw blade under compression // Modern Innovations, Systems and Technologies. 2022. № 2(4). P. 0301...0311. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0301-0311>

6. <https://www.directindustry.com.ru/prod /chengyu-testing-equipment-co-ltd/product-223988-2465268.html>

7. GOST 1497-84. Metals. Tensile test methods. Moscow: State Standard of the USSR, 1986.

8. GOST 11701-84. Metals. Tensile test methods for thin sheets and belts. Moscow: State Standard of the USSR, 1986.

9. *Adler Yu.P., Markova E.V., Granovsky Yu.V.* Planning an experiment in the search for optimal conditions. Moscow: Nauka, 1976. 280 p.

10. *Tikhomirov V.B.* Planning and analysis of the experiment (when conducting research in light industry). Moscow: Light industry, 1974. 260 p.

11. *Augambaev M., Ivanov A.Z., Terekhov Yu.T.* Fundamentals of planning a research experiment. Tashkent: O'qituvchi, 1993. 141 p.

Рекомендована семинаром лаборатории теории механизмов и машин Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз. Поступила 27.02.23.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ БЕСКОНТАКТНАЯ СУШКА ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ*

ULTRASONIC NON-CONTACT DRYING OF FIBROUS TEXTILE MATERIALS

В.Н. ХМЕЛЕВ, А.В. ШАЛУНОВ, С.А. ТЕРЕНТЬЕВ, В.А. НЕСТЕРОВ

V.N. KHMELEV, A.V. SHALUNOV, S.A. TERENTIEV, V.A. NESTEROV

(Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»)

(Biysk Technological Institute (branch of the
«Altai state technical university named after I.I. Polzunov»))

E-mail: sergey@bti.secna.ru

В процессе производства сырья для текстильных материалов сушка является обязательным процессом получения легкого и качественного продукта. Для интенсификации процесса сушки предлагается дополнительно к конвективной сушке воздействовать на волокнистые материалы ультразвуковыми колебаниями высокой интенсивности. Размещение материала тонкими слоями (не более 15 мм) позволяет уменьшить время сушки в 2 раза по сравнению только с конвективной сушкой и при этом получить сокращение потребляемой электроэнергии в 1,8 раза. Выявлено, что снижение температуры сушильного агента позволяет повысить относительный вклад ультразвуковых колебаний в ускорение процесса сушки.

In the production of textile materials, drying is an indispensable process for obtaining a light and high-quality product. It is proposed to influence fibrous materials with high-intensity ultrasonic vibrations in addition to convective drying to intensify the drying process. Placing the material in thin layers (no more than 15 mm) makes it possible to reduce the drying time by 2 times compared to only convective drying and at the same time obtain a 1.8-fold reduction in electricity consumption. It was also found that lowering the temperature of the drying agent makes it possible to increase the relative contribution of ultrasonic vibrations to the acceleration of the drying process.

Ключевые слова: волокнистые материалы, ультразвуковое воздействие, конвективная сушка, уровень звукового давления, ультразвуковой аппарат.

Keywords: fibrous materials, ultrasonic treatment, convective drying, sound pressure level, ultrasonic apparatus.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10359, <https://rscf.ru/project/21-79-10359/>

Введение

Текстильные волокнистые материалы имеют широкий спектр бытового и промышленного назначения. Они являются основой большинства материалов и изделий текстильной промышленности [1]. Основой таких материалов во многих случаях является целлюлоза, от свойств которой напрямую зависят свойства получаемых материалов [2]. Целлюлоза в процессе подготовки ее для дальнейшего использования подвергается увлажнению и сушке. Сушка целлюлозы является энергоемким процессом. Поэтому снижение энергетических затрат на процесс сушки является актуальной задачей. Акустическое и, как частный случай, ультразвуковое (УЗ) воздействие применяется при сушке овощей и фруктов [3-6]. Однако исследований по ультразвуковой сушке текстильных материалов значительно меньше [7, 8]. Основной проблемой для развития технологии ультразвуковой сушки является отсутствие как высокоэффективных ультразвуковых излучателей, создающих уровни звукового давления более 150 дБ, так и рекомендаций по размещению и температурному воздействию на волокнистые материалы.

Методы исследования

Для достижения поставленной цели и обеспечения максимального количества акустической энергии, излучаемой в газовую среду, авторами разработан и изготовлен пьезоэлектрический УЗ излучатель. Излучатель имеет форму диска ступенчато-переменного сечения и преобразует продольные колебания пьезопреобразователя в изгибные колебания диска на модах ультразвуковой частоты, кратных основной. Это обеспечивает вывод в газовую среду акустической энергии более 50 % потребляемой электрической мощности [9].

Конструктивная схема ультразвуковой колебательной системы (УЗКС) представлена на рис. 1.

Высоковольтный электрический сигнал ультразвуковой частоты подается через электроды 4 на пьезокерамические дисковые элементы 2, которые преобразуют ее в механические колебания. Акустическая связь внутри ультразвуковой колебатель-

ной системы обеспечивается за счет того, что пьезокерамические преобразователи механически сжаты между частотно-понижающей накладкой 1 и отражающей накладкой 3 с силой, многократно превышающей величину знакопеременной силы, создаваемой пьезокерамическими преобразователями. Волновод 6 обеспечивает передачу колебаний на концентратор 7, где они усиливаются и передаются на дисковый излучатель 8. Стягивающее усилие обеспечивается шпильками 5.

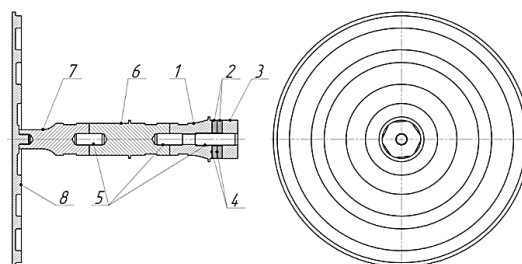


Рис. 1

Для питания ультразвукового преобразователя с дисковым излучателем используется электронный генератор, который преобразует энергию электрической промышленной сети в энергию электрических колебаний ультразвуковой частоты. Представленный генератор имеет схему с независимым возбуждением и способен автоматически подстраивать частоту выходного электрического сигнала в соответствии с резонансной частотой колебательной системы [9]. Фотография ультразвукового аппарата (излучателя в сборе с электронным генератором) представлена на рис. 2.



Рис. 2

В табл. 1 приведены технические характеристики УЗ аппарата.

Таблица 1

Наименование параметра	Значение
Питание от сети переменного тока напряжением, В	220±22
Максимальная потребляемая мощность, ВА, не более	300
Частота механических колебаний излучателя, кГц	22±1,65
Максимальный уровень звукового давления (в пределах 1 м), дБ, не менее	150
Габаритные размеры электронного блока управления, мм	400x280x110
Диаметр излучающей поверхности, мм	250

Для эффективного использования УЗ колебаний, формируемых дисковым излучателем, форма сушильной камеры выбрана цилиндрической с внутренним диаметром 325 мм. Структурная схема УЗ цилиндрической камерной сушилки представлена на рис. 3.

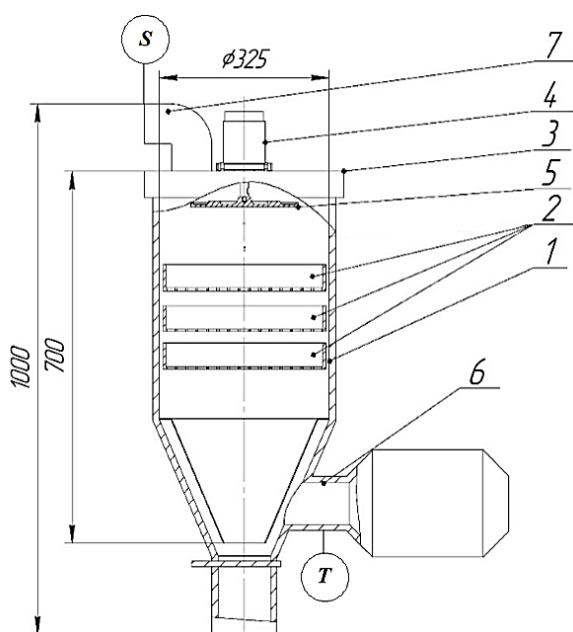


Рис. 3

В крышку 3 сушильной камеры 1 установлена ультразвуковая колебательная система 4 с дисковым излучателем 5, который формирует ультразвуковые колебания, направленные параллельно оси сушилки. В камере обеспечивается создание стоячих акустических волн. Через входной патрубок 6 поступает, а через выходной патрубок 7 отводится поток теплого воздуха, т. е. движение воздуха осуществляется параллельно оси цилиндрической камерной сушилки. На поддонах 2 располагается высушиваемый материал.

Температура сушильного воздуха T в камерной сушилке может быть установлена в диапазоне 30-120 °С с точностью ± 1 °С. Скорость воздушного потока S может устанавливаться в диапазоне от 0,5 м/с до 1 м/с. Измерения скорости производились цифровым анемометром UT363S фирмы UNI-T.

Для определения оптимальных мест размещения высушиваемого материала было построено распределение формируемого уровня звукового давления в объеме сушильной камеры с шагом 100 мм от плоскости дискового излучателя на акустической оси и на расстояниях 75 мм и 130 мм от оси (рис. 4). Измерения производились с помощью измерителя шума и вибраций Экофизика-110А/Инженер-110А.

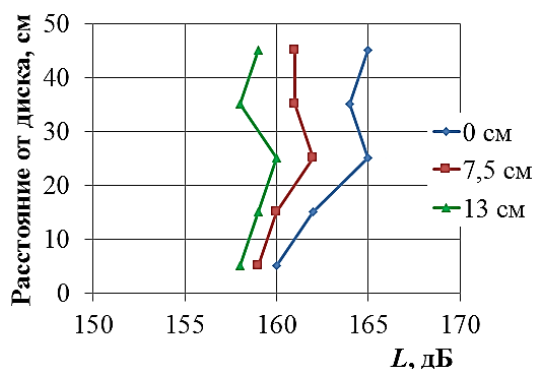


Рис. 4

В камерной сушилке можно выделить плоскую область с максимальным уровнем звукового давления на расстоянии 200-300 мм от УЗ дискового излучателя, где среднее значение составило 162 ± 3 дБ. Также существует область с минимальной интенсивностью на расстоянии 50-150 мм от излучателя. Поэтому для получения максимального эффекта от воздействия УЗ колебаний высушиваемый материал размещался на поддонах в выявленной области с

максимальным уровнем звукового давления. Схематично расположение высушиваемого материала на поддонах и распространение УЗ колебаний относительно высушиваемого материала показано на рис. 5.

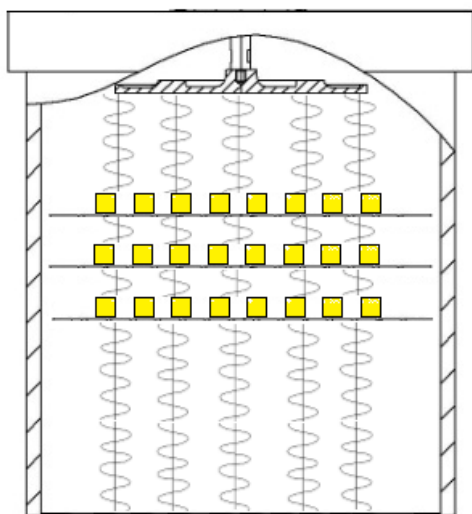


Рис. 5

Поддоны располагаются перпендикулярно акустической оси излучателя на расстоянии друг от друга, кратном половине длины волны. Фотография УЗ сушилки представлена на рис. 6.



Рис. 6

В качестве волокнистого материала выбрана целлюлоза. Выбор материала обусловлен широкой применимостью его в текстильной и других отраслях промышленности. Перед сушкой влагосодержание целлюлозы во всех экспериментах составляло 2,55 кг/кг.

Во всех проведенных исследованиях суммарная масса образцов составляла 500 ± 1 г, размеры образцов 10-15 мм. Средняя скорость сушильного агента в сушильной камере $0,5 \pm 0,1$ м/с. Относительная влажность воздуха в помещении 40 ± 3 %. Сушка осуществлялась до момента, когда влагосодержание материала достигало 0,07 кг/кг (равновесное влагосодержание). При этом влагосодержание W определялось весовым способом по формуле:

$$W = \frac{m_{ж}}{m_0},$$

где $m_{ж}$ – масса жидкости, m_0 – масса сухого материала.

Процесс взвешивания проводился через каждые 10 минут на электронных весах ПВ-6 (Россия) с точностью 0,5 г.

Результаты и обсуждения

Для проведения экспериментов выбраны две температуры сушильного агента 60 °С и 80 °С, поскольку при этих температурах не происходит ухудшения физико-химических свойств целлюлозы [10]. Полученные кривые сушки целлюлозы представлены на рис. 7.

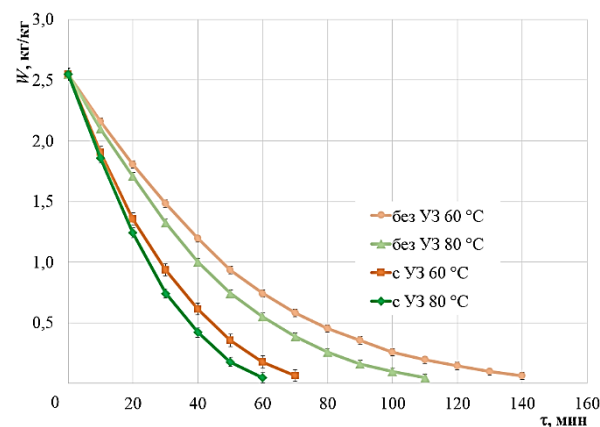


Рис. 7

Установлено, что при конвективной сушке с температурой 60 °С длительность сушки до влагосодержания 0,07 кг/кг составила 140 мин. Дополнительное УЗ воздействие уменьшило продолжительность сушки до 70 мин, т. е. в 2,0 раза. При температуре воздуха 80 °С без УЗ воздействия

длительность сушки составила 110 мин. Добавление ультразвукового воздействия сократило длительность сушки до 60 мин, т. е. в 1,8 раза. Вклад УЗ воздействия становится более существенным при снижении температуры сушильного агента.

Для сравнения энергетической эффективности сушки с применением ультразвукового воздействия по сравнению только с конвективной были проведены измерения потребляемой электроэнергии при температуре 60 °С.

Для осуществления конвективной сушки при температуре 60 °С нагреватель и вентилятор обеспечивают работу камерной сушилки при потребляемой средней мощности в 1,42 кВт. На весь процесс конвективной сушки без УЗ воздействия потрачено 3,31 кВт*ч электрической энергии. Средняя мощность, потребляемая УЗ аппаратом, составила 0,15 кВт, а за 70 мин УЗ сушки затрачено 0,18 кВт*ч. Суммарно израсходованная электроэнергия (конвективная + УЗ) – 1,83 кВт*ч, что в 1,8 раза меньше, чем при конвективной сушке без УЗ воздействия.

Заключение

В результате сушки волокнистых материалов установлено, что применение ультразвукового воздействия является эффективным способом интенсификации процесса сушки. Полученные результаты свидетельствуют о том, что размещение высушиваемого материала в виде тонких слоев позволяет сократить время процесса в 1,8-2 раза в зависимости от температуры.

Кроме того, проведенные исследования позволили показать, что повышение температуры сушильного агента приводит к уменьшению величины относительного сокращения времени сушки, достигаемого за счет ультразвукового воздействия. Так, при температуре сушильного агента 60 °С время сушки сократилось в 2 раза, а при увеличении температуры до 80 °С ультразвук обеспечил сокращение в 1,8 раза.

Оценка энергетической эффективности показала, что применение УЗ воздействия приводит к уменьшению затраченной на сушку электроэнергии в 1,8 раза по сравнению только с конвективной сушкой при

температуре 60 °С. Это делает ультразвуковой способ сушки текстильных волокнистых материалов эффективным для промышленного применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Морыганов А.П.* Отечественное целлюлозное волокно – перспективное сырье для российской текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 4 (376). С. 44...49.
2. *Зарубина А.Н., Иванкин А.Н., Кулезнев А.С., Кочетков В.А.* Целлюлоза и наноцеллюлоза. Обзор // Лесной вестник. 2019. Т.23. № 5. С. 116...125.
3. *Шалунов А.В., Хмелев В.Н., Терентьев С.А., Нестеров В.А., Голых Р.Н.* Обезвоживание пищевых продуктов под действием ультразвуковых колебаний с удалением влаги без фазового перехода // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51 (2). С. 363...373.
4. *Liu Y., Sun Y., Yu H., Yin Y., Li X., Duan X.* Hot Air Drying of Purple-Fleshed Sweet Potato with Contact Ultrasound Assistance // Drying Technol. 2017, Vol. 35. P. 564...576.
5. *Musielak G., Mierzwa D., Kroehnke J.* Food Drying Enhancement by Ultrasound – A Review // Trends Food Sci. Technol. 2016. Vol. 56. P. 126...141.
6. *Onwude D. I., Hashim N., Janius R.* Non-Thermal Hybrid Drying of Fruits and Vegetables: A Review of Current Technologies // Food Sci. Emerg. Technol. 2017. Vol. 43. P. 223...238.
7. *Khmelev V.N., Shalunov A.V., Terentiev S.A., Bochenkov A.S., Nesterov V.A., Tertishnikov P.P.* Research of the influence of ultrasonic oscillation on the drying of textile materials // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2020, № 1679. 022027.
8. *Peng C., Ravi S., Patel V.K., Momen A.M., Moghaddam S.* Physics of direct-contact ultrasonic cloth drying process // Energy. 2017, 125. P. 498...508.
9. *Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Цыганок С.Н., Барсуков Р.В., Шалунова К.В.* Применение ультразвуковых колебаний высокой интенсивности для интенсификации процессов в газовых средах // Химическая техника. 2010. Т. 1. С. 23...28.
10. *Байжанова С.Б., Джанпаизова В.М., Сагитова Г.Ф., Батиркулова А.А.* Исследования влияния фотодеструкции на эксплуатационные свойства материалов для спецодежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 1 (355). С. 21...24.

REFERENCES

1. *Moryganov A.P.* Domestic cellulose fibres – perspective raw material for the russian textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. № 4 (376). P. 44...49.

2. Zarubina A.N., Ivankin A.N., Kuleznev A.S., Kochetkov V.A. Cellulose and nanocellulose. Obzor // Forestry Bulletin, 2019, vol. 23, № 5, pp. 116–125. In Rus.

3. Shalunov A.V., Khmelev V.N., Terentiev S.A., Nesterov V.A., Golykh R.N. Ultrasonic Dehydration of Food Products with Moisture Removal without Phase Transition // Food Processing: Techniques and Technology. 2021. Vol. 51 (2). P. 363...373.

4. Liu Y., Sun Y., Yu H., Yin Y., Li X., Duan X. Hot Air Drying of Purple-Fleshed Sweet Potato with Contact Ultrasound Assistance // Drying Technol. 2017. Vol. 35. P. 564...576.

5. Musielak G., Mierzwa D., Kroehnke J. Food Drying Enhancement by Ultrasound – A Review // Trends Food Sci. Technol. 2016. Vol. 56. P. 126...141.

6. Onwude D. I., Hashim N., Janius R. Non-Thermal Hybrid Drying of Fruits and Vegetables: A Review of Current Technologies // Food Sci. Emerg. Technol. 2017. Vol. 43. P. 223...238.

7. Khmelev V.N., Shalunov A.V., Terentiev S.A., Bochenkov A.S., Nesterov V.A., Tertishnikov P.P. Research of the influence of ultrasonic oscillation on the

drying of textile materials // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2020. № 1679. 022027.

8. Peng C., Ravi S., Patel V.K., Momen A.M., Moghaddam S. Physics of direct-contact ultrasonic cloth drying process // Energy. 2017, 125. P. 498...508.

9. Khmelev V.N., Shalunov A.V., Tsiganok S.N., Barsukov R.V., Shalunova K.V. The use of ultrasonic vibrations of high intensity for the intensification of processes in gaseous media // Khimicheskaya tekhnika. 2010. T. 1. C. 23...28.

10. Baizhanova S.B., Janpaizova V.M., Sagitova G.F., Batirkulova A.A. Study on the influence photodestruction operational properties of materials for clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2015. № 1 (355). P. 21...24.

Рекомендована кафедрой методов и средств измерений и автоматизации БТИ АлтГТУ. Поступила 30.03.23.

УДК 531.43

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_157

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И АРХИТЕКТУРЫ ТКАНИ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ*

INFLUENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL FEATURES AND ARCHITECTURE OF THE FABRIC ON THE TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF ITS SURFACE

О.В. БЛИНОВ¹, А.В. БАРАНОВ², Е.Н. КАЛИНИН², В.В. КУЗНЕЦОВ²

O.V. BLINOV¹, A.V. BARANOV², E.N. KALININ², V.B. KUZNETSOV²

¹Ивановский государственный энергетический университет,
²Ивановский государственный политехнический университет)

(¹Ivanovo State Power Engineering University,
²Ivanovo State Polytechnic University)

E-mail: enkalini@gmail.com

В работе исследовано влияние комплекса характеристик тканых материалов, таких, как структура и физико-механические показатели суровых хлопчатобумажных тканей полотняного и атласного переплетения, способ изготовления пряжи для их производства, размер ячеек, образованных нитями основы и утка, а также степень прижима текстильного материала к металлической поверхности в паре трения «текстильный материал

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 20-43-370007 p_a_ Ивановская область: «Развитие научных основ прогнозирования функциональных и конструкционных параметров синтезируемых полимерных волокнистых композитных систем».

– транспортирующий ролик», на изменение коэффициента трения тканой поверхности.

The influence of a complex of characteristics of woven materials, such as the structure and physical and mechanical properties of plain and satin weave, the method of making yarn for their production, the size of the cells formed by the warp and weft threads, as well as the degree of pressing of the textile material to the metal surface in the friction pair "textile material – transport roller", on the change in the coefficient of friction of the woven surface, have been studied.

Ключевые слова: триботехнические свойства, суровые ткани, физико-механические характеристики, переплетение, кольцевое прядение, пневмомеханическое прядение, микрофотографии, размер ячеек, нити основы и утка, пара трения «текстильный материал – транспортирующий ролик», степень прижима ткани, коэффициент трения поверхности текстильного материала.

Keywords: tribotechnical properties, gray fabrics, physical and mechanical characteristics, interlacing, ring spinning, rotor spinning, microphotographs, cell size, warp and weft threads, friction pair "textile material – transport roller", degree of tissue pressure, friction coefficient of the textile material surface.

Ранее [1-5] исследовано влияние различных физических и химических факторов, характеризующих водные растворы неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ), на изменение триботехнических характеристик поверхности ряда текстильных материалов в процессах их жидкостной обработки данными композициями.

В настоящей работе проведено исследование взаимосвязи физико-механических показателей и строения суровой ткани с триботехническими характеристиками ее поверхности без воздействия растворов НПАВ.

Тканые полотна представляют собой системы нитей, называемых основой и утком, располагающихся перпендикулярно друг другу и связанных определенным переплетением [6-13]. При этом основа располагается вертикально, а уток – горизонтально.

Тканые полотна классифицируются по типу переплетений на главные и производные, а по назначению на бытовые и технические. При этом и бытовые, и технические ткани могут вырабатываться на основе как главных, так и производных переплетений. Различают три типа главных переплетений: полотняное, саржевое и атласное.

Важно отметить тот факт, что ткани главных переплетений имеют однородную, гладкую поверхность на всём своём протяжении, в то время как тканые полотна производных переплетений отличаются наличием рельефа, зачастую неравномерно распределенного по поверхности материала.

При проведении исследований использовано четыре вида суровых хлопчатобумажных тканей, три из которых имеют полотняное переплетение и одна – атласное.

В наиболее простом полотняном переплетении [6, 9-12] нити основы и утка переплетаются перпендикулярно друг другу, образуя двухмерную структуру, состоящую из условных ячеек, размер которых зависит от поверхностной плотности текстильного материала, а именно от количества нитей в основе и утке, а также их линейной плотности. Ткани подобного переплетения просты в изготовлении и, следовательно, наиболее распространены.

Типичная особенность атласного переплетения состоит в том, что нити утка или основы образуют длинные перекрытия, которые в ткани отчасти перекрывают точки взаимопереплетения нитей [12]. Атлас имеет гладкую и однородную поверхность без выступающей структуры, ткани этого

переплетения отличаются мягкостью, эластичностью, плотностью и прочностью. На рис. 1 представлены микрофотографии поверхности исследованных текстильных материалов.

На триботехнические свойства тканей, помимо их архитектуры, очевидно, будет оказывать влияние линейная плотность нитей основы и утка, а также способ их изготовления. Различают два типа пряжи – кольцевого прядения (КП) и пневмомеханического (ППМ) [13]. Пряжа кольцевого прядения имеет более высокие номера, чем

пряжа пневмомеханического прядения, и отличается большей ровнотой, прочностью и гладкостью. Пряжа пневмомеханического прядения имеет более рыхлую поверхность и неровноту.

Кроме того, исследована степень прижима ткани к металлической поверхности в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик», которая зависит от вида ее заправки (горизонтальная, вертикальная или косая) в отделочном оборудовании.

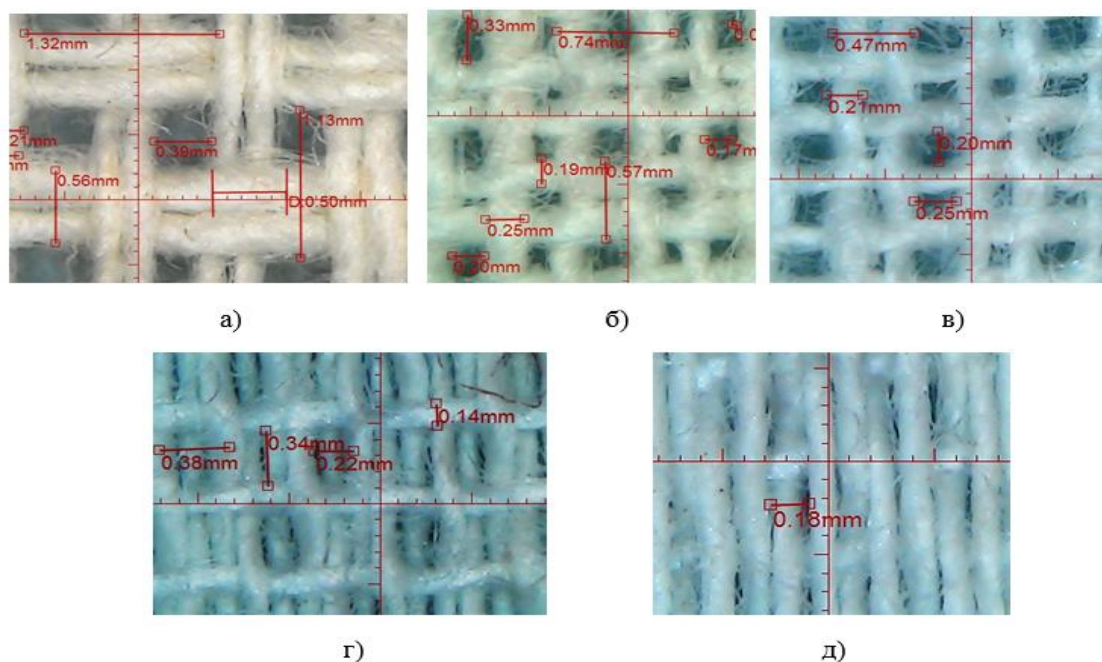


Рис. 1

В табл. 1 приведены физико-механические показатели выбранных для исследова-

ния хлопчатобумажных тканей различных переплетений.

Таблица 1

Ткань	Переплетение	Поверхностная плотность, г/м ²	Линейная плотность, текс (№)		Число нитей на 10 см		Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50×200 мм, кгс не менее, основа/уток
			основа	уток	основа	уток	
Рогожка	Полотняное	164	29 (34) 100% ВХ ППМ	50 (20) 100% ВХ ППМ	220	175	37/44
Бязь Стандарт	Полотняное	140	29 (34) 100% ВХ ППМ	29 (34) 100% ВХ ППМ	224	220	30/21
Сатин	Атлас 5/2	148	13,5 (74) 100% ВХ КП греб	13,5 (74) 100% ВХ КП греб	648	300	30/20
Поплин	Полотняное	114	20 (50) 100% ВХ ППМ	20 (50) 100% ВХ ППМ	265	260	30/20

На рис. 2 представлены гистограммы влияния степени прижима исследованных тканей на изменение коэффициента трения их поверхности в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик» при нагрузке 28 г (рис. 2, а) и 132 г (рис. 2, б). Выбор вариантов нагрузки обусловлен видом заправки текстильного материала – классической вертикальной (по этому виду заправки исследования изложены в [1-5]) и горизонтальной, используемой в отделочном производстве.

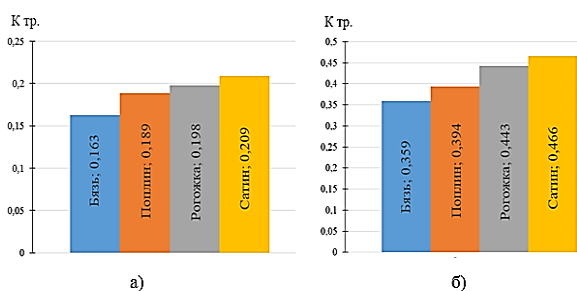


Рис. 2

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при малой величине нагрузки коэффициент трения поверхности исследованных текстильных материалов практически одинаков и колеблется в пределах 9% для трех тканей и чуть более значительно для бязи. Очевидно, что при малых величинах прижима ткани ее структура и способ производства пряжи, ее составляющей, не имеют существенного влияния на триботехнические свойства поверхности текстильного материала. Иная картина наблюдается при увеличении степени прижима ткани к металлической поверхности примерно в 4 раза – до 132 г. В этом случае прослеживается определенная зависимость. Наиболее низкий коэффициент трения наблюдается для ткани сатин, имеющей атласное переплетение, отличающееся более гладкой поверхностью, а также используемой гребенной пряжей кольцевого прядения с высокой степенью ровноты. Для трех других тканей, сформированных пряжей пневмомеханического способа прядения с высокой ворсистостью и значительной неровнотой и имеющих более высокий коэффициент

трения поверхности, можно отметить ряд закономерностей, а именно:

-во-первых, с уменьшением числа нитей на 10 см в основе и утке при переходе от поплина к рогожке наблюдается увеличение коэффициента трения поверхности ткани;

-во-вторых, прослеживается прямо пропорциональная зависимость между повышением линейной плотности пряжи, особенно в утке, с 20 текс у поплина до 50 текс у рогожки и увеличением коэффициента трения их поверхности.

В целом же динамика изменения коэффициента трения поверхности исследованных суровых тканей демонстрирует его монотонное возрастание с увеличением степени прижима к металлической поверхности в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик», о чем свидетельствуют графические зависимости, представленные на рис. 3 (влияние степени прижима ткани на изменения коэффициента трения поверхности текстильного материала).

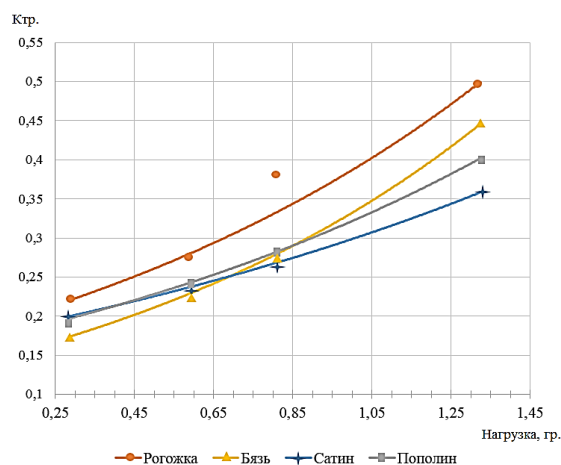


Рис. 3

Причем для сатина наблюдается наименьший рост коэффициента трения – примерно в 1,7 раза при изменении нагрузки от 28 г до 132 г. Для остальных тканей в указанном диапазоне степени прижима коэффициент трения их поверхности возрастает примерно в 2,2-2,9 раза.

Заслуживает рассмотрения, с точки зрения влияния на коэффициент трения по-

верхности текстильного материала, и еще один фактор, связанный со структурой ткани, а именно размер ячеек, образованных основными и уточными нитями в процессе ее изготовления.

На микрофотографиях исследованных суровых тканей (рис. 1) представлены размеры ячеек, образованных нитями основы и утка, по которым рассчитаны площади ячеек для каждого вида текстильного материала. Полученные результаты по пло-

щади ячеек, а также коэффициенты трения для двух вариантов прижима ткани в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик» представлены в табл. 2. Необходимо отметить, что размер ячеек колеблется в очень широких пределах и, например, у сатина он практически в 25 раз меньше, чем у рогожки. В определенной степени это обусловлено линейной плотностью нитей и их количеством на 10 см.

Т а б л и ц а 2

Ткань	Площадь ячейки, мм ²	Коэффициент трения при давлении 28 г, усл. ед.	Коэффициент трения при давлении 132 г, усл. ед.
Рогожка	0,52	0,209	0,466
Бязь	0,07	0,163	0,443
Поплин	0,05	0,189	0,399
Сатин	0,02	0,198	0,359

Анализируя полученные результаты, можно отметить некоторые закономерности. Так, при давлении прижима ткани 28 г, несмотря на существенное различие в площади ячеек, коэффициент трения поверхности исследованных тканей невысок. Кроме того, в этом случае не прослеживается какой-либо зависимости между площадью ячейки и коэффициентом трения поверхности текстильных материалов. Вероятно, более существенное влияние на коэффициент трения оказывают такие факторы, как переплетение, вид пряжи и ее линейная плотность, а также количество нитей на 10 см, что подтверждается вышеприведенными результатами. При переходе к давлению прижима ткани 132 г корреляция между площадью ячеек и коэффициентом трения прослеживается в явном виде, то есть, чем больше размер ячейки, образованной нитями основы и утка, тем выше коэффициент трения поверхности ткани. Одновременно наблюдается существенный рост величины коэффициента трения по сравнению с аналогичным показателем при давлении прижима ткани 28 г.

В Ы В О Д Ы

1. Исследовано влияние переплетения суровых тканей на коэффициент трения их поверхностей в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик».

2. Установлено, что увеличение давления прижима ткани к металлической поверхности транспортирующего ролика прямо пропорционально увеличению коэффициента трения поверхности текстильного материала.

3. Показано, что увеличение коэффициента трения поверхности ткани зависит от способа производства пряжи, а также ее линейной плотности и количества нитей на 10 см.

4. Выявлено, что размер ячеек, образованных нитями основы и утка, коррелируется с изменением коэффициента трения поверхности тканей только при высокой степени прижима ткани к металлической поверхности транспортирующего ролика.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б. Исследование трибологических свойств тканей в водных растворах неионогенных поверхностно-активных веществ // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXIV Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2021». Иваново: ИВГПУ, 2021. С. 117...120.

2. Блинов О.В., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н. Влияние растворов поверхностно-активных веществ на триботехнические свойства текстильных материалов в паре трения «ткань – транспортирующий ролик» // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №2 (398). С. 233...237.

3. Ершов С.В., Кузнецов В.Б., Никифорова Е.Н., Суворов И.А., Козлова Н.Б., Калинин Е.Н. Мно-

гофункциональный анализ параметров тканой армирующей структуры по функциональным свойствам элементарной периодической ячейки композитного материала // Пластические массы. 2022. № 9-10. С. 31...34.

4. Кузнецов В.Б., Блинов О.В., Баранов А.В., Калинин Е.Н. Влияние поверхностного натяжения раствора неионогенного поверхностно-активного вещества на триботехнические свойства тканого наполнителя волокнистого композита // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №3 (405). С. 168...173.

5. Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Никифорова Е.Н., Неведов С.А. Результаты молекулярного моделирования триботехнических свойств неионогенных поверхностно-активных // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №5 (401). С. 190...194.

6. Потягалов А.Ф. Переплетение хлопчатобумажных и штапельных тканей. Иваново: Ивановское книжное изд-во, 1955. 148 с.

7. Гордеев В.А. Ткацкие переплетения и анализ тканей. М.: Легкая индустрия, 1969. 116 с.

8. Контроль технологических параметров текстильных материалов: методы, устройства / под ред. Л.К. Таточенко. М.: Легпромбытиздат, 1985. 192 с.

9. Лунд-Иверсен Б. Ткацкие переплетения: [пер. с норвеж.]. М.: Легпромбытиздат, 1987. 104 с.

10. Грановский Т.С., Мшвениерадзе А.П. Строеие и анализ тканей. М.: Легпромбытиздат, 1988. 96 с.

11. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. М.: Легпромбытиздат, 1989. 302 с.

12. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы). М., 1985.

13. Справочник по хлопкопрядению / под ред. В.П. Широкова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1985. 472 с.

14. Трение, износ и смазка. Трибология и триботехника / под ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2003. 575 с.

15. Справочник по триботехнике / под ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение; Варшава: ВКЛ, 1989. Т 1. 400 с.

16. Holmberg Ed.K. Handbook of applied surface and colloid chemistry. New Jersey: Willey. 2001.

17. Современная трибология: итоги и перспективы / отв. ред. К.В. Фролов. Л.: Изд-во ККИ, 2008. С. 226...276.

18. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. Л.: Физматгиз, 1963.

19. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. М.: КолосС, 2011. 360 с.

20. Применение поверхностно-активных веществ в анализе: учеб. пособие / Л.К. Неудачина, Ю.С. Петрова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 76 с

21. Li Y., Wang S., Wang Q. A molecular dynamics simulation study on enhancement of mechanical and

tribological properties of polymer composites by introduction of graphene, Carbon 111 (2017) 538-545.

22. Ewen J. Non-equilibrium molecular dynamics simulations of organic friction modifiers, Works of STLE Annual Meeting. Imperial College London, 19th May 2016.

REFERENCES

1. Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B. Study of the tribological properties of tissues in aqueous solutions of non-ionic fire-active poisoning // Physics of fibrous materials: structure, properties, high technology and materials: collection. materials of the XXIV International. scientific-practical forum "SMARTEX-2021". Ivanovo, 2021. P. 117...120.

2. Blinov O.V., Kuznetsov V.B., Kalinin E.N. The influence of solutions of excitatory-active substances on the tribological properties of textile materials in a pair is manifested by the "fabric – transport roller" // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2(398). P. 233...237.

3. Ershov S.V., Kuznetsov V.B., Nikiforova E.N., Suvorov I.A., Kozlova N.B., Kalinin E.N. Multifunctional analysis of the parameters of a woven reinforcing structure based on the functional properties of a periodic unit cell of a composite material // Plasticheskie massy. 2022; (9-10):31-34.

4. Kuznetsov V.B., Blinov O.V., Baranov A.V., Kalinin E.N. Effect of the surface tension of a nonionic surfactant solution on the tribotechnical properties of a woven filler of a fibrous composite // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 3 (405). P. 168...173.

5. Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B., Nikiforova E.N., Nefedov S.A. Results of molecular modeling of tribological properties of non-ionic explosives // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5(401). P. 190...194.

6. Potyagalov A.F. Weaving of cotton and staple fabrics. Ivanovo: Ivanovo book publishing house, 1955. 148 p.

7. Gordeev V.A. Weaving weaves and fabric analysis. M.: Light industry, 1969. 116 p.

8. Control of technological parameters of textile materials: methods, devices / Edited by L.K. Tatochenko. Moscow: Legprombytizdat, 1985. 192 p.

9. Lund-Iversen B. Weaving weaves [translation from Norwegian]. Moscow: Legprombytizdat, 1987. 104 p.

10. Granovsky T.S., Mshvenieradze A.P. Structure and analysis of tissues. Moscow: Legprombytizdat, 1988. 96 p.

11. Kukin G.N., Soloviev A.N., Koblyakov A.I. Textile materials science. Moscow: Legprombytizdat, 1989. 302 p.

12. Kukin G.N., Soloviev A.N. Textile materials science (Initial textile materials). M., 1985.

13. Handbook of cotton spinning / Edited by V.P. Shirokov. M.: Light and food industry, 1985. 472 p.
14. Friction, wear and lubrication. Tribology and tribotechnics / ed. A.V. Chichinadze. M.: Mashinostroenie, 2003. 575 p.
15. Reference book on tribotechnics / ed. M. Hebda and A.V. Chichinadze. M.: Mashinostroenie; Warsaw: VKL, 1989. Vol. 1. 400 s.
16. Holmberg Ed.K. Handbook of Applied Surface and Colloidal Chemistry. New Jersey: Willie. 2001.
17. Modern tribology: results and prospects / otv. ed. K.V. Frolov. L.: Publishing House of KKI, 2008. P. 226...276.
18. *Akhmatov A.S.* Molecular Physics of Boundary Research. L.: Fizmatgiz, 1963.
19. *Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S.* Textile materials science. Moscow: Kolos, 2011. 360 p.
20. The use of surfactants in analysis: a tutorial / K. Neudachina, Yu.S. Petrova. Yekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2017. 76 p.
21. *Li Y., Wang S., Wang Q.* A molecular dynamics simulation study on enhancement of mechanical and tribological properties of polymer composites by introduction of graphene, Carbon 111 (2017) 538-545.
22. *Ewen J.* Non-equilibrium molecular dynamics simulations of organic friction modifiers, Works of STLE Annual Meeting. Imperial College London, 19th May 2016.

Рекомендована кафедрой мехатроники и радиоэлектроники ИВГПУ. Поступила 23.07.23.

УДК 677.024

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_164

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ОЦЕНКИ МОДУЛЕЙ ПРОДОЛЬНОЙ УПРУГОСТИ И СДВИГА
ПРИ ИЗГИБЕ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН***

**A SOFTWARE-HARDWARE COMPLEX USED
TO MEASURE YOUNG'S MODULUS AND SHEAR MODULUS
OF FLAX FIBER DURING BENDING PROCESS**

Е.Л. ПАШИН¹, А.В. ОРЛОВ²

E.L. PASHIN¹, A.V. ORLOV²

¹Костромская государственная сельскохозяйственная академия,
²Костромской государственной университет)

(¹Kostroma State Agricultural Academy,
²Kostroma State University)

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

В статье представлены основы функционирования нового программно-аппаратного комплекса для определения модулей сдвига G и продольной упругости E при изгибе лубяных волокон. Информация о них необходима для прогнозирования и проектирования свойств композитов, армированных такими волокнами. Эти характеристики зависят от условий силового нагружения анализируемого образца при изгибе, размеров его сечения и формы. Особенностью предлагаемой схемы испытания при определении модулей G и E является использование двухэтапного трехточечного прогиба образца без потери его контакта с опорами и прогибающим элементом. Кроме этого необходима фиксация возникающего усилия от прогиба на каждом этапе и расчет толщины пробы в местах контакта в зависимости от возникающего усилия, вида и свойств волокна. Оригинальность программно-аппаратного комплекса по определению модулей G и E состоит в использовании электронных весов для оперативной фиксации усилий, узла для двухэтапного перемещения изгибающего элемента и программы для ЭВМ. Алгоритм расчета в программе учитывает особенности изгиба образца при повышенной кривизне с учетом нестабильности координат точек контакта волокна с поверхностью опор. Он обеспечивает определение искомых модулей на основе значений сил, возникающих при прогибе образца при различном расстоянии между центрами опор.

*Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 23-26-00147).

Article presents the core principles of the new software-hardware complex used to determine shear modulus G and Young's modulus E during the bending of flax fiber. This information is useful in designing composite materials that use natural fibers as reinforcement. Both of those properties depend on the conditions of the bending, as well as the size and shape of the sample. The suggested approach uses three-point bending performed in two stages, without moving the sample itself. Aside from that, it is necessary to register the force applied to the sample during each stage, as well as calculate the sample thickness, which will depend on both the applied force and the fiber properties, such as its ripeness. The innovative part is using electronic weight scale to quickly register the force applied to the sample, paired with software capable of taking into account the change in points of contact between the sample and the supports. This allows measuring the values of G and E using a pair of measurements with different distance between the supports.

Ключевые слова: лубяные волокна, изгиб, модуль упругости, модуль сдвига, двухэтапный прогиб, усилие, толщина пробы, программно-аппаратный комплекс.

Keywords: flax fiber, bending, Young's modulus, shear modulus, two-stage bending, force, sample thickness, software-hardware complex.

Перспективным направлением использования лубяных волокон является их применение в качестве армирующих элементов при производстве гибридных полимерных и биоразлагаемых композитных материалов (КМ) [1-3]. Наличие в наполнителе таких композитов матрицы в виде натуральных волокон или смеси их с другими волокнами снижает стоимость и улучшает механические и иные характеристики готовых изделий, обеспечивая их сопротивление растяжению и изгибу. При таких воздействиях в КМ возникает комплекс нормальных и касательных напряжений, которые в определенной степени будут зависеть от особенностей структуры и свойств лубяных волокон, представляющих собой природный биокомпозит [4-5].

В этой связи представляют интерес знания о механических свойствах лубяных волокон, необходимые для прогнозирования и проектирования содержащих волоконно КМ. Особенно это касается сдвиговой и изгибной жесткости волокон, которые с учетом размеров, формы и структуры элементарных волокнистых комплексов зависят от модулей сдвига G и продольной упругости E [6].

Применительно к КМ разработаны методы испытания для оценки этих характеристик [7]. Однако в каждом из них предусмотрено определение какой-то одной механической характеристики, что не обеспечивает информацию о взаимосвязи ее с другими свойствами КМ в условиях одноосового испытания. Из этого следует, что разработка инструментальных методов комплексной, более информативной оценки изгибной и сдвиговой жесткости лубяных волокон является важной для ряда практических приложений [8].

Исследуя возможность получения комплекса механических характеристик лубяных волокон, в [9] авторы дали обоснование нового метода расчета их изгибной жесткости. С применением метода трехточечного прогиба анализируемого образца относительно закругленных опор решена задача, связанная с учетом непостоянства координат места контакта волокон с поверхностью опор (эффект сползания). При изучении аналогичной схемы нагружения предложен способ комплексной оценки модулей продольной упругости и сдвига лубяных волокон. С учетом этого представляет интерес интеграция указанных методов для создания обобщенного алгоритма

расчета, а на его основе программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего определение механических характеристик при изгибе.

Предложен вариант схемы испытания на основе двухэтапного трехточечного прогиба без потери контакта между испытываемым образцом и прогибающим элементом (рис. 1, а).

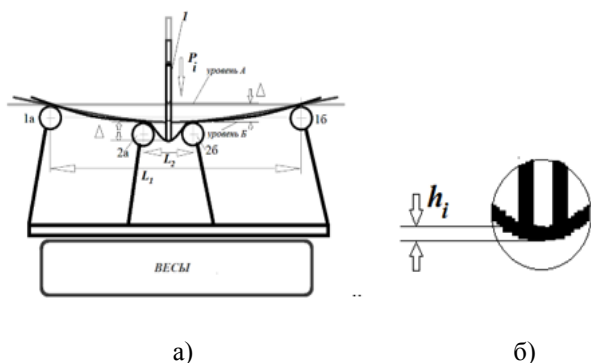


Рис. 1

Согласно схеме конструкция устройства для испытания двухэтапным изгибом содержит основание, на котором закреплены две пары опор равного диаметра d : 1а, 1б и 2а, 2б. Основным отличием их закрепления является межцентровое расстояние и смещение по вертикали линий, соединяющих центры опор каждой из пар. Так, опоры 1а, 1б имеют межцентровое расстояние L_1 , которое больше, чем расстояние L_2 у опор 2а, 2б.

Основание с опорами располагается на платформе электронных весов, имеющих погрешность не более 0,01 г и обеспечивающих контроль усилия P_i , возникающего при изгибе образца прогибающим элементом. Ширина образца b на поверхностях опор и изгибающем элементе постоянна.

Перед испытанием необходима информация о виде стланцевого волокна и его группе цвета ГЦ, а также о возникающей при прогибе силе P , т. е. $h_i = f(P; ГЦ)$.

При указанных условиях испытания проводят следующим образом. Подготовленный образец определенной длины, ширины b и массы укладывают на опоры 1а–1б. Далее посредством перемещения изгибающего элемента 1 из его исходного положения осуществляют прогиб на величину Δ до момента совпадения его рабочей кромки

с уровнем А. По достижении этого прогиба посредством весов фиксируют возникающее усилие P_1 (без учета массы узла для испытания), после чего изгибающий элемент перемещают ниже до совпадения его рабочей кромки с уровнем Б, который совпадает по горизонтали с поверхностью опор 2а–2б. Начиная с этого момента, образец прогибают относительно опор 2а–2б с межцентровым расстоянием L_2 . Прогиб осуществляют на аналогичную для первого этапа величину Δ , по достижении которой определяют усилие P_2 , после чего изгибающий элемент 1 возвращают в исходное положение.

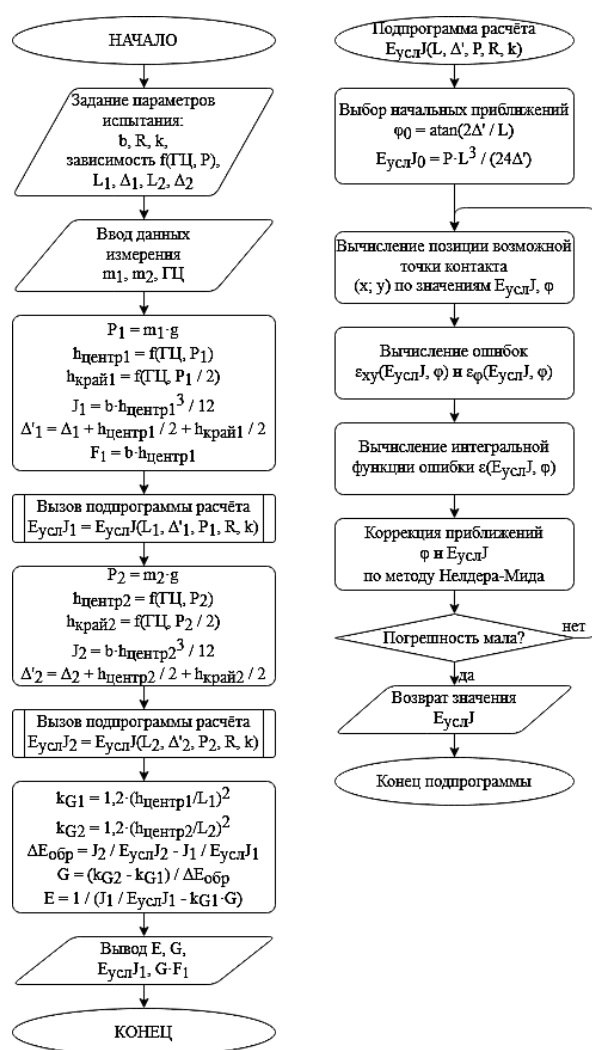


Рис. 2

Для определения модулей продольной упругости E и сдвига G , а также изгибной EI и сдвиговой жесткости GF (на 1 этапе испытания) используют ЭВМ с оригиналь-

ным программным обеспечением, реализующим алгоритм расчетов, основанный на применении комплекса операций, указанных в работе [9]. При этом для каждого вида волокна исходные параметры представлены в виде двух блоков. Один из них составляют неменяющиеся параметры: L_1 ; L_2 ; d ; b ; Δ ; ГЦ; k – коэффициент трения волокна о поверхность опор. Второй блок – изменяющиеся: P_1 и P_2 .

Общая последовательность расчетных операций представлена в виде блок-схемы, указанной на рис. 2.

Опираясь на схему испытания и блок-схему расчетных операций (рис. 1, а и 2), создали программно-аппаратный комплекс, схема которого представлена на рис. 3. При его применении реализуется указанная выше последовательность действий по двухэтапному прогибу и определению возникающих на каждом из этапов усилий P_i .

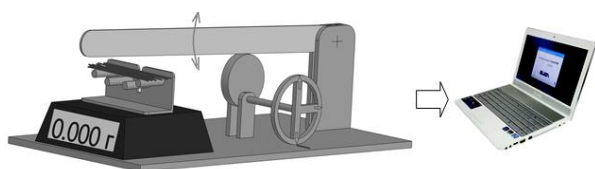


Рис. 3

Далее после включения ЭВМ и вызова специальной программы на мониторе появляется окно (рис. 4), в которое заносят вид волокна, его группу цвета и зафиксированные значения усилий P_1 и P_2 . После запуска расчетов в этом же окне появляются результаты в виде совокупности требуемых характеристик: модуль продольной упругости E , модуль сдвига G и для условий первого этапа испытания изгибная EI и сдвиговая GN жесткость.

Испытания предложенного комплекса проводили с использованием льняного волокна, полученного из стеблей сорта «Томский 16» различной биологической спелости и степени вылежки. Волокно варианта 1 было получено из стеблей соломы, убранных в фазу желтой спелости. Из них была приготовлена недолежалая треста, волокно из которой имело желто-серый цвет, что соответствовало 2 группе; оно характеризовалось также повышенной

лигнификацией, обуславливающей достаточно крепкие связи между элементарными волокнами. Волокно варианта 2 было светло-серое с группой цвета 3, полученное из стеблей, убранных с поля в фазу «ранняя желтая спелость», и выделенное из тресты хорошей вылежки. В сравнении с волокном варианта 1 это волокно явилось более гибким и делимым в продольном и поперечном направлении из-за ослабленных межволоконных связей вследствие разрушения микроорганизмами органических веществ, обеспечивающих склейку волокон [4]. Как видно, испытываемые варианты волокна значительно различались по физико-механическим свойствам, что предполагало и их различия по изгибной и сдвиговой жесткости.

№	Усилие на этапе 1, г	Усилие на этапе 2, г	Группа цвета	E, Н/мм ²	G, Н/мм ²	Eизг, Н*мм ²	GF, Н
1	3,0	24,0	2	17,9	0,625	42,0	5,9
2	2,0	12,0	4	7,0	0,244	25,9	2,7

Рис. 4

Эксперимент проводили при следующих условиях: масса образца волокна составила 0,11 г, его длина – 70 мм, величина прогиба $\Delta = 2$ мм, ширина $b = 5$ мм, межцентровое расстояние (L_i) на первом и втором этапах соответственно 105 и 55 мм. В процессе реализации эксперимента были зафиксированы значения усилий P_1 и P_2 . На первом этапе для волокна вариантов 1 и 2 соответственно 0,03 и 0,02 Н. На втором – 0,24 и 0,12 Н. Расчетами на ЭВМ получены результаты, указанные в табл. 1.

Из анализа результатов следует, что волокно, полученное из недолежалой тресты (вариант 1), характеризуется повышенной сдвиговой и изгибной жесткостью в сравнении с волокном из тресты хорошей вылежки (вариант 2). Логичное объяснение этому вытекает из различия их свойств и структуры вследствие условий получения исходного волокнистого сырья.

Вариант партии волокна	Параметры жесткости волокна			
	Модуль продольной упругости E, Н/мм ²	Модуль сдвиговой жесткости G, Н/мм ²	Для условий изгиба первого этапа	
			изгибная жесткость, E·I, Н·мм ²	сдвиговая жесткость, G·F, Н
1	17,9	0,62	42,0	5,9
2	7,0	0,24	25,9	2,7

ВЫВОДЫ

1. Для прогнозирования и проектирования свойств композитов, армированных волокнами различной природы, включая лубяные, необходимы знания об их сдвиговой и изгибной жесткости. Эти характеристики с учетом условий силового нагружения волокнистой пробы при изгибе, размеров ее сечения и формы зависят от модулей сдвига G и продольной упругости E, что требует разработки инструментального метода их комплексного определения.

2. Особенностью новой схемы испытания при определении модулей G и E является использование двухэтапного трехточечного прогиба образца без потери его контакта с опорами и прогибающим элементом с одновременной фиксацией на каждом этапе возникающего от прогиба усилия и с расчетом толщины образца в местах его контакта в зависимости от возникающего усилия, вида и свойств волокна.

3. Оригинальность программно-аппаратного комплекса для контроля модулей G и E выражается в использовании электронных весов для оперативной фиксации усилия при прогибе и алгоритма расчета на ЭВМ. При реализации расчетов для учета особенностей изгиба образца при повышенной кривизне определяются координаты точки его контакта с поверхностью опор – «эффект сползания контакта», а также искомые модули на основе значений сил от прогиба образца с учетом меняющейся его толщины на опорах, расположенных при разном межцентровом расстоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роговина С.З., Прут Э.В., Берлин А.А. Композиционные материалы на основе синтетических

полимеров, армированных волокнами природного происхождения // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. 2019. Т. 61. № 4. С. 291...315.

2. *Nabi S.D., Jog J.P.* Natural Fiber Polymer Composites // *Advanced in Polymer Technology: 1999, Vol. 18. Pp. 351...363.*

3. *Cheung Hoi-yan, Ho Mei-po, Lau Kin-tak, Cardona Francisco, Hui David.* Natural fiber reinforced composites for bioengineering and environmental engineering applications // *Journal of Composites: Part B 40, 2009. Pp. 655...663.*

4. *Ордина В.М.* Структура лубоволокнистых растений и её изменение в процессе переработки. М.: Легкая индустрия, 1978.

5. *Горшкова Т.А., Агеева М.В., Сальников В.В. и др.* Стадии формирования лубяных волокон *Linum usitatissimum* (Linaceae) // *Ботанический журнал. 2003. № 12. Т. 88. С. 1.*

6. *Брытков Е.В., Санников В.А.* Механика композиционных материалов: учебное пособие. СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2012. 74 с.

7. ГОСТ Р 57921–2017. Композиты полимерные. Методы испытания. Общие требования. М., Стандартинформ, 2017. 38 с.

8. *Olusegun D. S., Stephen A., Timothy A. A.* Assessing Mechanical Properties of Natural Fibre Reinforced Composites for Engineering Applications // *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering: 2012, 11, Pp. 780...784.*

9. *Разин С.Н., Пащин Е.Л., Орлов А.В.* Метод определения изгибной жесткости льняного волокна для его квалитметрии: обоснование алгоритма испытания // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3(405). С. 81...87.*

REFERENCES

1. *Rogovina S.Z, Prut E.V. and Berlin A.A.* ‘Composite materials based on synthetic polymers reinforced with natural fibers’. *Vysokomolekuljarnye soedinenija, series A, vol. 61, no. 4, 2019, Pp. 291...315.*

2. *Nabi S.D., Jog J.P.* Natural Fiber Polymer Composites // *Advanced in Polymer Technology. 1999, Vol. 18. Pp. 351...363.*

3. *Cheung Hoi-yan, Ho Mei-po, Lau Kin-tak, Cardona Francisco, Hui David.* Natural fiber reinforced composites for bioengineering and environmental engineering applications // *Journal of Composites: Part B 40, 2009. Pp. 655...663.*

4. *Ordina V.M.* Structure of bast plants and its changes during processing. Moscow: Legkaja industrija, 1978.

5. Gorshkova T.A. et al. 'Stages of growth of bast fibers of *Linum usitatissimum* (Linaceae)', *Botanicheskij zhurnal*, vol. 88, no. 12, 2003, p. 1.

6. Brytkov E.V. and Sannikov V.A. *Mechanics of composite materials: a teaching aid*, St. Petersburg, Baltic state technological university, 2012.

7. GOST R 57921–2017. *Polymer composites. Test methods. General requirements*, Moscow, Standartinform, 2017.

8. Olusegun D.S., Stephen A., Timothy A.A. *Assessing Mechanical Properties of Natural Fibre Reinforced Composites for Engineering Applications* //

Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering: 2012, 11, pp. 780...784.

9. Razin S.N., Pashin E.L. and Orlov A.V. 'A method of measuring bending rigidity of flax fiber during its qualimetry: determining properties of a testing algorithm' // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. No 3(405). P. 81...87.

Рекомендована кафедрой технических систем в агропромышленном комплексе Костромской ГСХА. Поступила 12.04.23.

УДК 677.004

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_169

ПРИМЕНЕНИЕ JAVASCRIPT-БИБЛИОТЕКИ REACT ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ОДЕЖДЫ*

USING THE REACT JAVASCRIPT LIBRARY FOR CREATING AN ONLINE CLOTHING SHOP APPLICATION

V.V. БРОНСКАЯ^{1,2}, А.Р. ИБАТУЛЛИНА¹

V.V. BRONSKAYA, A.R. IBATULLINA

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет,

²Институт вычислительной математики и информационных технологий,
Казанский (Приволжский) федеральный университет)

¹Kazan National Research Technological University,

²Institute of Computational Mathematics and Information Technologies, Kazan Federal University)

E-mail: dweronika@mail.ru

В статье показана актуальность применения цифровых приложений для мобильных устройств в торговле. В работе рассмотрены вопросы создания приложения для реализации продукции легкой промышленности. Разработана архитектура приложения. Для создания приложения применена ReactJS – JavaScript-библиотека с открытым исходным кодом для разработки одностраничных и мобильных приложений. Спроектированное приложение является инструментом для успешного ведения бизнес-процессов текстильных и швейных предприятий. В работе приведены иллюстрации интерфейса спроектированной торговой площадки. В данном приложении можно выбрать необходимый товар, посмотреть его описание, оформить покупку и оставить отзыв. Также пользователь может просматривать купленный товар и свои данные в личном кабинете.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета ("ПРИОРИТЕТ-2030").

The paper shows the relevance of digital applications for mobile devices in commerce. The paper considers the issues of creating an application for selling light industry products. Application architecture is developed. ReactJS is used to create the application. The features of ReactJS are considered. JavaScript is an open-source library for development of single-page and mobile applications. The designed application is a tool for successful business processes in textile and clothing enterprises. The work provides an illustration of the interface of the designed trading platform. This application allows users to select necessary goods, look through their description, make a purchase and leave a feedback. The user can also view the purchased goods and his data in his personal account.

Ключевые слова: приложение, интернет-магазин, одежда, проектирование, ReactJS, JavaScript-библиотека

Keywords: application, online shop, clothing, projecting, ReactJS, JavaScript library.

Одной из важнейших задач бизнеса и промышленности является грамотное планирование каналов сбыта продукции, от которого напрямую зависит выполнение основополагающих целей коммерческого предприятия – удовлетворение потребностей потребителей и получение прибыли.

Текстильная и легкая промышленность в современных реалиях для успешного функционирования должна идти в ногу со временем и отвечать на запросы покупателей, быть клиентоориентированной. Огромный поток покупательского спроса направлен сегодня в интернет-среду, ежедневные потребности и нужды население удовлетворяет посредством портативных мобильных многофункциональных устройств – смартфонов. Все сферы жизни динамично меняются под воздействием прогресса и цифровизации, в их числе – текстильная и легкая промышленность [1-6].

Анализируя сферы рыночной экономики и общество, отметим, что очень актуальным и острым является вопрос разработки программных продуктов для продажи товаров массового потребления, коим является одежда и иные текстильные изделия. При этом к приложениям предъявляются достаточно жесткие требования, поскольку они должны быть удобными для пользователей. К таким требованиям можно отнести, к примеру, возможность быстрого обновления интерфейсов и загрузки

большого количества данных без потери скорости. Данную проблему решает ReactJS.

ReactJS – JavaScript-библиотека с открытым исходным кодом для разработки одностраничных и мобильных приложений, а также интерфейсов, которые изменяют отображение без перезагрузки страниц, благодаря чему приложения быстро реагируют на действия пользователя. React является гибкой и предоставляет хуки, позволяющие взаимодействовать с другими библиотеками и фреймворками. Задача React'a – показать компонент интерфейса в приложении. Однако одной такой библиотеки недостаточно для реализации всего проекта.

Целью работы является разработка онлайн-магазина с большим и хорошо проработанным функционалом, отвечающим современным требованиям онлайн-магазина, и удобным интерфейсом, с помощью которого пользователь может осуществить покупку в любом месте, где есть интернет-соединение [7-10].

Инструменты для разработки веб-приложений

React может использоваться для разработки одностраничных и простых мобильных приложений.

Для того чтобы приложением пользовалось много людей ежедневно, необходим простой и понятный интерфейс, а также хорошая база серверов для хранения

большого количества данных и быстрой обработки информации пользователей. Для этого используется React фреймворк, который обладает нужной вычислительной мощностью. React также позволяет взаимодействовать с другими библиотеками.

Аутентификация Firebase – это сервис аутентификации пользователей на основе токенов, который может интегрироваться с большинством популярных платформ.

Работа JS с HTML

HTML – стандартизированный язык для просмотра веб-страниц в браузере. Веб-браузеры получают HTML-документ от сервера по протоколам HTTP/HTTPS или открывают с локального диска компьютера, далее код превращают в интерфейс, который будет отображаться на экране монитора.

Пошаговое создание программы выглядит следующим образом:

1. Задание начальных значений программы.
2. Написание обработчика, увеличение текущего значения и подстановка его в нужный элемент.
3. Обнуление счетчика.
4. Установка обрабатывающей утилиты.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<title>Parcel Sandbox</title>
<meta charset="UTF-8" />
</head>

<body>
<div class="root">
<h1 id="counter-value"></h1>
<button id = "increment-
btn">+1</button>
</div>

<script>
const counterValueElement = document.getElementById("counter-value");
const incrementBtn = document.getElementById("increment-btn");
let counterValue = 0;

function increment() {
```

```
counterValue += 1;
counterValueElement.innerHTML = counterValue; }

counterValueElement.innerHTML = counterValue;
incrementBtn.add EventListener ("click", increment);
</script>
</body>
</html>
```

Особенности React

React подходит не для любого проекта из-за ограниченности своих функций. Но главными достоинствами этой библиотеки являются следующие:

1. Построение целостного интерфейса осуществляется из отдельных компонентов.

2. Эта библиотека создана крупной компанией и уже совместима с большинством инструментов разработчиков, поддерживается переход на новую версию.

3. React – это библиотека с открытым исходным кодом, поэтому его можно использовать на абсолютно любом компьютере без опасения появления вирусов.

4. На платформе Github, довольно популярной среди разработчиков, можно найти готовые компоненты почти на любой случай. Даже если компонентов нет, но есть библиотеки, то сделать свой вариант не составит труда.

5. React существует с 29 марта 2013 года, а это значит, что многие проблемы разработки уже решены либо нужно тратить меньше времени на их решение.

6. Компоненты работают независимо друг от друга, а значит, при изменении одного не пострадают другие.

7. React применяют не только для создания одностраничных приложений. React позволяет создавать следующие программные продукты:

- веб-приложения;
- мобильные приложения;
- десктоп приложения;
- прогрессивные веб-приложения;
- AR/VR разработки;
- JAMSTACK приложения.

Достоинством библиотеки React является также то, что ее эксплуатация акту-

альна для начинающих разработчиков. React используется командой разработчиков, если они намереваются расширить свой проект. React может эксплуатироваться и более опытными разработчиками. Ее использование существенно упрощает структурирование данных и содержит множество утилит, функционирующих дистанционно.

В качестве недостатков React нужно отметить то, что она увеличивает размер приложения, которое нужно выполнять в браузере, что влечет за собой медленную загрузку приложения, однако это настолько незначительно, что вовсе не является поводом отказываться от использования этой библиотеки.

Актуальность React

Целевая аудитория таких приложений – люди, которые хотят просто и лаконично представить свой проект. Одна из ключевых особенностей этой библиотеки – универсальность. Ее можно использовать как на сервере, так и на мобильных платформах. Важная особенность React заключается в том, что каждый компонент возвращает часть пользовательского интерфейса. Объединением компонентов создается интерфейс будущего приложения.

Несмотря на довольно солидный для инструмента программирования возраст (10 лет) эта библиотека популярна до сих пор и будет поддерживаться еще долгое время. Особенно оптимален этот инструмент для людей, которые только знакомятся с программированием и хотят сделать первый проект. Важным аспектом является тот факт, что React – это библиотека, а не отдельный язык и перед ее использованием необходимо прежде всего овладеть JavaScript и HTML, являющимися фундаментом программирования.

Применение React для создания приложения интернет-магазина

Сектор интернет-бизнеса занимается разработкой онлайн продуктов и услуг, которые можно предлагать пользователям. Финансовые услуги и онлайн-торговля играют большую роль в жизни людей, и предприниматели стремятся завоевать до-

лю рынка, предоставляя онлайн уникальный продукт и услуги.

Компании, предоставляющие финансовые услуги, рассматривают интернет как идеальное средство обслуживания своих клиентов или потенциальных клиентов и могут предлагать клиентам более низкие цены, имея онлайн-сервис. Без дополнительных накладных расходов на магазины и связанных с ними затрат на персонал их эксплуатационные расходы значительно сокращаются, а сэкономленные средства могут быть направлены на улучшение компании. Онлайн-системы также помогают ритейлерам эффективно управлять цепочками поставок и держать данные о компании в одном централизованном месте.

Преимущества интернет-магазина:

- уменьшение затрат на офисные помещения и сотрудников компании;
- возможность охватить большую аудиторию в онлайн-пространстве;
- возможность выкладывать многие виды товаров и не быть зависимым от площади арендуемого помещения;
- уменьшение затрат времени на создание онлайн-площадки по сравнению с открытием физического магазина.

Для реализации веб-приложения были поставлены задачи:

1. Анализ существующих онлайн-магазинов.
2. Разработка архитектуры и дизайна приложения.
3. Изучение веб-инструментов, которые необходимы для разработки приложения: JavaScript, фреймворк React, Redux, Redux-Saga, HTML, CSS, Firebase, NPM менеджер пакетов, Git.
4. Разработка сайта и тестирование на наличие ошибок.

Крупными интернет-магазинами в России являются: Сбермегамаркет, Ozon, Wildberries, Яндекс-маркет и другие. Проанализировав структуру их сайтов, можно понять, что для успешной торговли на просторах интернета необходимо, чтобы онлайн-магазин обладал следующим функционалом:

- Авторизация на сайте, чтобы каждый пользователь имел возможность совершать покупки и просматривать их и личные данные в онлайн-магазине.

- Удобный и интуитивно понятный, разделенный на подкатегории каталог товаров, где пользователь может найти интересующий его товар.

- Корзина товаров, куда пользователь может добавлять товары и переходить к их оформлению.

- Личный кабинет, где пользователь может увидеть информацию о своих личных данных и совершенных покупках.

- Страница с избранными товарами, куда пользователь может добавить понравившиеся ему товары.

- Служба технической поддержки, которая решает любые проблемы.

Очевидно, что для функционирования современных веб-приложений необходимо иметь отзывчивый, интуитивно понятный, быстрый пользовательский интерфейс и производительную базу данных, которая будет способна обрабатывать данные, исходящие от тысячи пользователей одновременно.

Построение архитектуры приложения

Архитектура приложения – это набор методов и шаблонов, которые помогают разработчикам создавать структурированные приложения. Многие приложения создавались без проектирования. Со временем приложения становились сложнее по архитектуре, ими было сложнее управлять, их разработка становилась дороже.

Веб-приложение разрабатывалось по архитектурному решению, где страницы определены как контейнеры, которые содержат в себе компоненты, составляющие структуру отдельной страницы.

Онлайн-магазин состоит из клиентской части, которая обрабатывается библиотекой UIReact, а данные хранятся в базе Firebase. Web-сервер – промежуточное звено.

Общая структура проекта представляет собой директорию, которая содержит в себе все зависимости и пакеты NPM менеджера (WARE-MAIN: node_modules, public, src, assets, components, containers, hoc,

hooks, shared, store, styles). Рассмотрим некоторые элементы главной директории:

1. Директория public содержит в себе зависимости, которые будут храниться в браузере и иметь всю необходимую информацию о сборке для функционирования веб-приложения. Директория src используется во время разработки и содержит в себе папки и файлы, которые сборщик модулей webpack будет собирать и сжимать в папку public для сборки приложения. В файле package.json описаны все зависимости, необходимые для функционирования приложения, и установлены они из NPM менеджера пакетов. Файл .gitignore описывает все файлы и папки, которые не должны быть записаны в удаленный репозиторий GitHub.

2. Директория containers содержит информацию о страницах, каждая страница представлена отдельным файлом.

3. Директория components содержит компоненты, которые, по сути, являются строительными блоками страниц приложения. Каждый отдельный компонент содержит функцию и файл со стилями, которые будут применяться для отдельного компонента (components: AuthForm, LikeProduct, Navigation, Pages, Rewiews, Slider, UI).

4. Директория store – это глобальное состояние приложения, с помощью которого мы имеем возможность управлять изменениями приложения в любом компоненте (actions, reducers, sagas).

5. Директория Styles содержит стили приложения, файл variables.css содержит размеры шрифтов, цвета, используемые в стилях приложения, animation.css соответственно содержит анимации и т. д.

Интерфейс приложения

На рис. 1 представлен слайдер, находящийся на главной странице приложения. Он дает краткую характеристику площадке, обновляет слайды с продаваемыми товарами каждые 3 секунды. Слайдер создан с помощью пакета slick-carousel, который позволяет стилизовать и конфигурировать слайдер под отдельно взятые запросы разработчика.

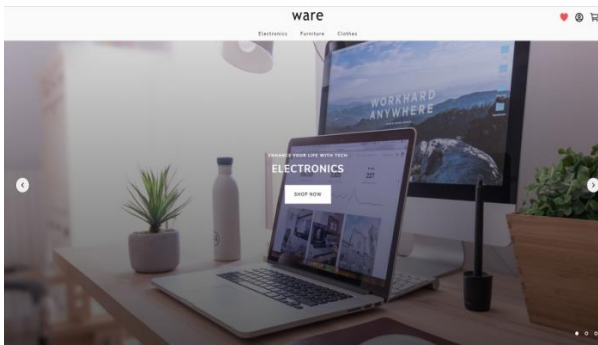


Рис. 1

На рис. 2 представлены товары, с которыми пользователь может ознакомиться, перейдя по ссылке. Данная секция создана для привлечения пользователей к товарам онлайн-магазина. Отсюда пользователь может перенаправиться по ссылкам к подкатегориям товаров магазина.

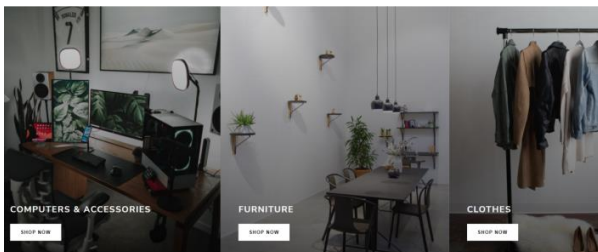


Рис. 2

На рис. 3 представлен каталог с товарами, где пользователь может перейти в определенную категорию товаров. При необходимости можно расширить каталог товаров под нужды компании.

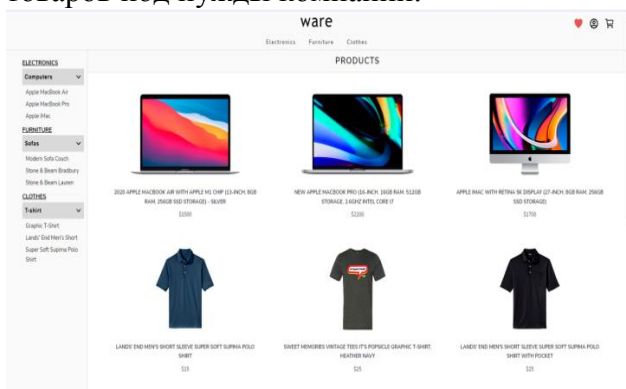


Рис. 3

На рис. 4 представлена корзина с товарами, которые пользователь добавил в нее. В корзине можно изменить количество выбранного товара или удалить товар при необходимости. На данной странице также

можно увидеть основную информацию о покупаемом товаре для справки.

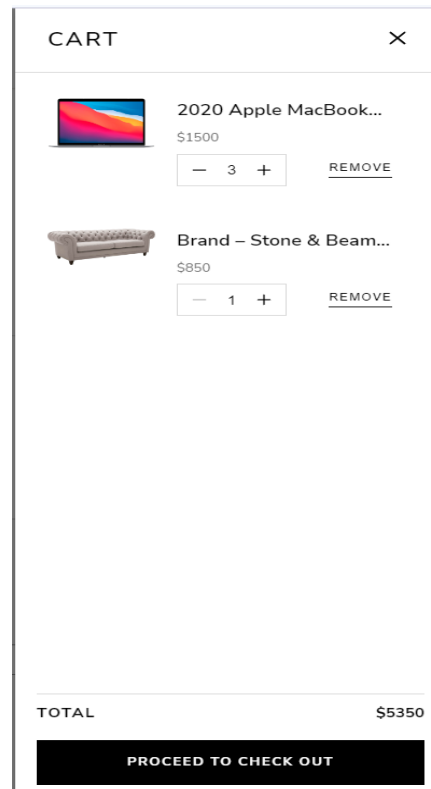


Рис. 4

ВЫВОДЫ

Разработан функционирующий онлайн-магазин по продаже одежды, электронной техники, мебели, в котором впоследствии может быть расширен ассортимент по усмотрению компании. В данном приложении можно выбрать необходимый товар, посмотреть его описание, оформить покупку и оставить отзыв. Также пользователь может просматривать купленный товар и свои данные в личном кабинете.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ибатуллина А.Р., Красина И.В., Бронская В.В., Аспекты применения инструментов цифровизации в текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2(398). С. 261...266.
2. Мухаметзянова А.Г., Бронская В.В., Харитонova О.С. Нейросетевое моделирование гидродинамики потока в колонных аппаратах с насадочными элементами // Вестник Технологического университета. 2021. Т. 24. № 12. С. 139...141.
3. Блум В.С., Килимова А.Д. Проблемы и пути цифровизации легкой промышленности России //

Актуальные проблемы экономики и управления. 2019. № 4 (24). С. 33...39.

4. Кирсанова Е.А., Бодрякова Л.Н., Беляев И.С., Шатура Н.В. Цифровизация технологических процессов швейного предприятия // Дизайн и технологии. 2022. № 89 (131). С. 27...35.

5. Белгородский В.С., Балакирев Н.А., Новиков М.В., Гусева М.А., Разумеев К.Э., Юлдашбаев Ю.А., Андреева Е.Г. Цифровизация показателей качества меха в системе сквозного проектирования меховых изделий // Текстильная и легкая промышленность. 2019. № 1. С. 18...22.

6. Зорин Л.Б., Зорина Н.В., Холопов В.А. Индустрия 4.0: подходы и перспективы использования в легкой промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2(398). С. 21...30.

7. Кирсанов Д. Веб-дизайн. СПб.: Символ-плюс, 1999. 376 с.

8. Кузнецов М.В., Симдянов И.В. PHP. Практика создания Web-сайтов. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 1264 с.

9. Крокфорд Дуглас, Лузган А. JavaScript. СПб.: Питер, 2012. 174 с.

10. Беляев С.А. Разработка игр на языке JavaScript: учебное пособие. СПб.: Лань, 2016. 128 с.

REFERENCES

1. Ibatullina A.R., Krasina I.V., Bronskaya V.V., Aspects of digitalization tools application in textile and light industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. V. 2(398). P. 261...266.

2. Mukhametzyanova A.G., Bronskaya V.V., Khari-tonova O.S. Neural network modeling of flow hydro-

dynamics in column apparatuses with packed elements // Bulletin of Technological University. 2021. Vol. 24. No.12. P. 139...141.

3. Blum V.S., Kilimova A.D. Problems and ways of light industry digitalization in Russia // Actual problems of economy and management. 2019. № 4 (24). P. 33...39.

4. Kirsanova E.A., Bodriakova L.N., Belyaev I.S., Shatura N.V. Digitalization of technological processes of sewing company // Design and Technology. 2022. № 89 (131). P. 27...35.

5. Belgorodsky V.S., Balakirev N.A., Novikov M.V., Guseva M.A., Razumeev K.E., Yuldashbaev S.A., Andreeva E.G. Digitalization of quality indicators of fur in the system of through-design of fur products // Textile and Light Industry. 2019. № 1. P. 18...22.

6. Zorin L.B., Zorina N.V., Kholopov V.A. Industry 4.0: approaches and application prospects in light industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. № 2 (398). P. 21...30.

7. Kirsanov D., Web-design. Saint-Petersburg: Symbol-plus, 1999. 376 p.

8. Kuznetsov M.V., Simdyanov I.V. PHP. Practice of creating Web-sites. Edition 2, revised and supplemented. Saint-Petersburg: BHV-Peterburg, 2009. 1264 p.

9. Crockford Douglas, Luzgan A. JavaScript. Saint-Petersburg: Piter, 2012.

10. Belyaev S. A. Game development in JavaScript language: tutorial. Saint Petersburg: Lan', 2016. 128 p.

Рекомендована кафедрой технологии химических и натуральных волокон и изделий КНИТУ. Поступила 01.06.23.

УДК 677.017:681.5

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_175

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR RECOGNIZING THE SURFACE OF TEXTILE PACKAGES

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПАКОВОК

R.T. MİRZOEV¹, M.N. NURIEV²

P.T. МИРЗОЕВ¹, М.Н. НУРИЕВ²

¹Azerbaijan Technological University,
²Azerbaijan State Economic University UNEC)

¹Азербайджанский технологический университет,
²Азербайджанский государственный экономический университет UNEC)

E-mail: razil-mirze@mail.ru, mehman62@mail.ru

The issues of creating a method for controlling the shape of cross-wound packages based on the shadow projection of the section are considered.

As a result of the analysis of technological processes of textile production, it was found that control methods at each technological transition are essential to ensure high product quality and labor productivity. In the spinning and rewinding phase of the formation of textile packages, their shape is an important parameter. The shape of the package and its deviations from the given one can be used as a complex indicator that characterizes the quality of the product of the corresponding technological transition, but also as a characteristic of the technical level and condition of the equipment used and the optimality of technological production modes.

To obtain complete information about the shape of the package, it is necessary to have cross-sectional profile images at the ends and generatrix. An analysis of the methods for controlling the shape of technical objects showed that a promising direction for controlling the shape of cross-wound packages in the textile industry is the shadow projection method in combination with automated pattern recognition tools. For the successful implementation of the method, a theoretical analysis of the influence of the design parameters of the transducer on measurement errors was carried out. Reasonable requirements for the mutual arrangement of the elements of the transducer relative to the controlled object are established. Relationships are obtained that allow predicting the parameters of the device, in particular, the scale of the transformation.

The substantiation of the choice of means for digitizing the resulting images for subsequent automated pattern recognition has been carried out.

Рассмотрены вопросы создания метода управления формой паковок с крестовой намоткой на основе теневой проекции сечения.

В результате анализа технологических процессов текстильного производства установлено, что методы контроля на каждом технологическом переходе имеют важное значение для обеспечения высокого качества продукции и производительности труда. На этапе прядения и перемотки текстильных паковок важным параметром является их форма. Форма паковки и ее отклонения от заданной могут быть использованы как комплексный показатель, характеризующий качество продукта соответствующего технологического перехода, а также технический уровень и состояние используемого оборудования и оптимальность технологических режимов производства.

Для получения полной информации о форме паковки необходимо иметь изображения профиля поперечного сечения на концах образующей. Анализ методов контроля формы технических объектов показал, что перспективным направлением контроля намотанных паковок крестовой формы в текстильной промышленности является метод теневой проекции в сочетании с автоматизированными средствами распознавания образов. Для успешной реализации метода проведен теоретический анализ влияния конструктивных параметров преобразователя на погрешности измерений. Установлены обоснованные требования к взаимному расположению элементов преобразователя относительно контролируемого объекта. Получены соотношения, позволяющие прогнозировать параметры устройства, в частности масштаб преобразования.

Проведено обоснование выбора средств оцифровки полученных изображений для последующего автоматизированного распознавания образов.

Keywords: packaging, cross winding, shape control, section shadow projection, transformations, automated recognition.

Ключевые слова: паковка, крестовая намотка, контроль формы, теневое проецирование сечения, преобразования, автоматизированное распознавание.

1. Introduction

The mass nature of the use of packages in modern high-speed technologies for the production of yarn at domestic and foreign enterprises of the textile industry determines the relevance of the chosen topic and subject of research.

One of the most common types of textile packages are cross-wound packages [1]. This is due to the fact that they meet a wide range of requirements that are placed on them by technologists. These requirements include: compactness, free descent of the thread during processing at subsequent transitions, uniform permeability during processing with solutions, suitability for long-term storage and transportation without loss of quality. The fulfillment of these requirements is ensured by the corresponding properties of cross-wound packages: its shape, structure and stress-strain state of the winding body. The properties of the packages that ensure the fulfillment of technological requirements can be considered the main ones. Maintaining them at the required level is a criterion for choosing rational design parameters of winding mechanisms and winding technological modes. The indicators characterizing these properties are subject to regulation in accordance with the requirements for a particular package.

In this regard, a study aimed at developing a method for controlling the shape of cross-wound packages based on the shadow projection of the section seems relevant.

Optical methods and devices implemented on their basis are non-contact, therefore they do not introduce distortions into the shape of the controlled winding body during measurements. The absence of mechanical contact with the measured body allows measurements to be made on a moving object, which, at a sufficiently high reading and processing speed, allows obtaining high

resolution, which means detecting the smallest defects on the winding body.

The simplest of the optical methods is the photographic or shadow method for controlling the geometric dimensions of packages [2, 3], in which, after winding the package, it is photographed together with a scale bar or a shadow silhouette is recorded on the screen. Based on the dimensions on the photograph or screen, taking into account the scale, the actual dimensions are calculated. This method is only suitable for packages that do not have recesses on the end surface, such as roving. Cross coil bobbins, both conical and cylindrical, usually have a smaller width near the cartridge than in the middle part.

To control the non-circularity of the bobbin, Japanese authors proposed a device [4, 5], which projects its image onto a screen, at certain points of which photocells are installed. The signals from the photocells are processed on an electronic computer (computer). As follows from the description, the control of the geometric dimensions in this device is carried out only at some points in this case, since the projection of the bobbin image on the screen is analyzed, information about the shaded areas of the bobbin is lost.

Some better results can be achieved when scanning the investigated area of the winding body with a laser beam, as is done by the bobbin winding control device [6, 7]. The device is designed for non-contact determination of the angle of elevation of the coil. Also, this device, based on the measurements of the angle, can correct it in a given range, which allows you to wind the bobbins of the correct shape. The main disadvantage of the device is that it does not allow to determine winding defects on the formed bobbin, and is designed to control only one parameter-the angle of the turn.

The next stage in the development of devices based on bobbin image scanning is

the Beltro-Lis [8, 9] automatic thread package control system, which is manufactured by Barmag AG (Germany). The system detects the presence of broken filaments, stains and dirt, and also controls the contours of the packages. Systems based on scanning the package area under investigation with a laser beam are quite complex and, as a result, expensive, requiring specially trained personnel for their operation.

In the device [10, 11] controlled bobbins move through a control chamber equipped with optical devices for bobbins control. As a result of checking each reel, they are sorted. At the same time, full-fledged reels continue to move on the conveyor carrying them to the place of removal. Reels that have defects are transferred to another conveyor, from which they are removed at a different location. The device allows you to fully and quickly evaluate the quality of packages. However, the principles of image filtering, its transformation and defect detection are not disclosed by the authors.

Traditionally, optical methods are used to control micro-roughness of surfaces in mechanical engineering. The most common are the methods of light section and shadow projection.

2. Materials and methods

The essence of the first method is that a slit in the form of a narrow light strip is projected onto the surface under study at an angle, the image of which is observed through a microscope located at the same angle. This method is applicable for measuring roughness in the range from 0.5 to 50 μm [12]. The unevenness of the profile of the end surfaces of the bobbin and its generatrix are large. Therefore, this method is not suitable for measuring the irregularities of a textile package.

The shadow projection method is designed to measure the roughness of a weakly reflective surface over 40 μm [13, 14]. When measuring by this method, a shutter (Sh) is installed above the controlled surface. At the same time, it cuts off part of the light beam, which is directed to the controlled surface from the illuminator, the optical axis of which is inclined at an angle α to the normal of the

controlled surface. The shadow from the curtain, falling on the surface, repeats its profile. The shape and dimensions of the section are judged by the visible image of the shadow in the observation device, the optical axis of which is directed at an angle β to the normal of the controlled surface. Unlike methods that use surface scanning, the shadow projection method does not require a long time to capture the primary image.

3. Results and discussion of the study.

To control package shape defects by the shadow projection method, it is required to determine the height of the profile H of the controlled package section in the normal section (Fig. 1 – the position in space of objects of the surveillance camera of the profile formed by the projection of the edge of the curtain onto a stepped surface). However, when using the section shadow projection method, the camera fixes the profile height h in some inclined section.

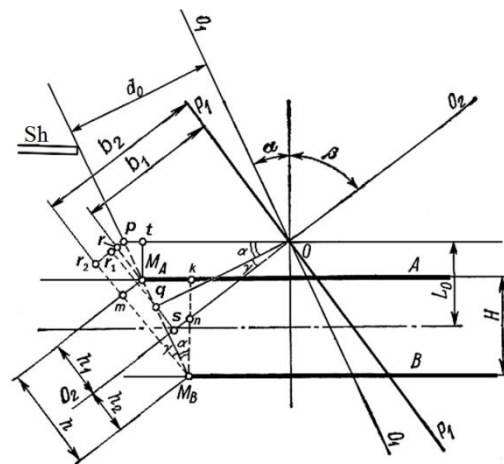


Fig. 1

Between these quantities there is a directly proportional relationship:

$$H = Mh, \quad (1)$$

where M is the profile transformation scale.

It was shown in [1] that the formation of an image in the space of objects of a recording camera occurs in different ways, depending on whether the surface under study is reflective or scattering light. The surface of the winding body is formed by textile threads and

their constituent fibers and therefore represents a surface that scatters light.

Let us determine the scale of the profile transformation and the position of the profile image in the space of objects of the recording camera for surfaces that scatter light.

A step height H is shown in fig. 1, formed by scattering surfaces A and B . Points M_A and M_B are located on the border of the intermediate image of the edge of the curtain W projected onto these surfaces. O_1-O_1 and O_2-O_2 optical axes of the illuminator and recording camera. L_0 is the distance of the object point O to the middle line of the profile, P_1 is the object plane of the recording camera.

The distances from the points M_A and M_B to the optical axis O_2-O_2 of the camera are denoted by h_1 and h_2 , and the distances from these points to the object plane P_1-P_1 by b_1 and b_2 . Let us determine the profile height h recorded by the camera. From the triangle $kM_A M_B$ we have $M_A M_B = H / \cos \alpha$, and from the triangle $mM_B M_A$ we have $h = m M_B = M_A M_B \sin \gamma$, i.e.

$$h = H \frac{\sin \gamma}{\cos \alpha}. \quad (2)$$

Let the angle $snM_B = \beta$, then the angle $nM_B = 90^\circ - \beta$. As can be seen from fig. one, $\gamma = m M_B n - \alpha = 90^\circ - \beta - \alpha$.

Then

$$h = H \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}, \quad (3)$$

those the conversion scale without taking into account the optical and digital zoom of the camera is equal to

$$M = \frac{H}{h} = \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}. \quad (4)$$

The position of the shadow image in the camera's field of view is determined by the values h_1 and h_2 . They essentially depend on the position of the shutter, which is determined by the value of d_0 , and the position of

the object point O , which is determined by the size of L_0 . Figure 1 shows that

$$h_1 = sq + qr_1 - M_A r, \quad (5)$$

$$h_2 = M_B r_2 - sq - qr_1. \quad (6)$$

Let us determine the values of the segments included in (4) and (5)

$$M_A t = L_0 - \frac{H}{2}. \quad (7)$$

From triangle $M_A P t$

$$M_A p = \left(L_0 - \frac{H}{2} \right) \frac{1}{\cos \alpha}. \quad (8)$$

From triangle $M_A r p$

$$M_A r = \left(L_0 - \frac{H}{2} \right) \frac{\cos \gamma}{\cos \alpha} = \left(L_0 - \frac{H}{2} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (9)$$

Arguing similarly, we obtain an expression for determining

$$M_B r_2 = \left(L_0 + \frac{H}{2} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (10)$$

From the triangle qOp $pq = d_0 \operatorname{tg} \alpha$,

$$qr_1 = pq \cos \gamma = pq \sin(\alpha + \beta). \quad (11)$$

Substituting (11) into the last expression, we obtain

$$qr_1 = d_0 \operatorname{tg} \alpha \sin(\alpha + \beta). \quad (12)$$

From the triangle qsO

$$qs = d_0 \sin \gamma = d_0 \cos(\alpha + \beta). \quad (13)$$

Let us substitute the values of segments from (8), (12) and (13) into (5) and obtain an expression for calculating h_1 :

The height of the observed shadow will be H' . When the normal to the surfaces A and B is rotated through the angle ϕ , the point b on the border of the shadow will go to the point c along the circle with the radius $bd=cd$. Angle $bdc=\phi$ and angle

$$bda = \arcsin \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}}. \quad (20)$$

The distance from point c to the x-axis can be calculated using the formula $H'/2 = bdsin(adc)$. Considering that the angle $adc = bda + bdc$, and the segment $bd = \sqrt{H^2 - L^2}$, - after obvious transformations, we finally get:

$$h' = \sqrt{H^2 + L^2} \sin \left(\phi + \arcsin \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (23)$$

The formula for calculating the transformation scale will look like:

$$M = \frac{h'}{H} = \sqrt{1 + \left(\frac{L}{H} \right)^2} \sin \left(\phi + \arcsin \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{L}{H} \right)^2}} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (24)$$

There is a fairly wide range of devices used for image registration. Let us formulate the main requirements that must be met by the recording device, which is part of the hardware complex for controlling the shape of packages:

- the resolution of the device should allow to register individual threads of the most common assortment on the surface of the package;

- the device must have a system for digitizing the image and its direct transmission for processing in a computer;

- the device must provide for the possibility of prompt, sequential shooting of images on a rotating package.

Let's analyze devices that meet these requirements.

$$H' = \sqrt{H^2 + L^2} \sin \left(\phi + \arcsin \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}} \right). \quad (21)$$

Correspondingly, from h to h' , the observed magnitude of the shadow will also change. Since the angles α and β remain unchanged, the value of H' can be converted to h' using a formula similar to (3):

$$h' = H' \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (22)$$

Substituting the value of H' from (21) we finally obtain

- The camera as an image recording device

The resolution of cameras depends on the quality of the photographic materials used. Typically, technical shooting of line art is done on high-resolution film, up to 600 lines/mm. However, the imaging process requires special equipment, consumables, and a wet chemical treatment of films and prints. To process an image on a computer, it must first be digitized using a scanner. Moreover, the quality of the resulting images depends on the quality of the scanner and the scanning mode. The higher the scan quality, the longer the scanning process will take. These features make the use of a camera as a recording device when evaluating the shape of packages impractical.

WEB camera as an image recording device

With the development of global communication channels, WEB-cameras are becoming widespread. The main task when creating these devices, developers put ease of installation and configuration, as well as the amount of information generated by the device. In this regard, any camera has a USB output that connects directly to the computer. It does not require device drivers or any mounting or interface boards. Thus, when using a WEB-camera, it is possible to provide the required direct connection of the recording device with the computer for the transfer of primary data.

The advantage of a WEB-camera is also that it allows you to control the shooting directly using software from a computer. However, the video resolution of such a camera, as a rule, does not exceed 640x480 pixels, which is not enough to display thin threads on the surface of the bobbin under study.

In addition, all USB cameras have a characteristic drawback - a relatively low frame rate associated with the limited data transfer rate via the USB bus (no more than 12 Mbps) [15]. Thus, the WEB-camera does not quite meet the requirements as an image recording device in a hardware complex for controlling the geometric parameters of the winding body.

–MiniDV –video camera as an image recording device.

Conventional analog camcorders have now been replaced by MiniDV standard digital camcorders. Video cameras of this format allow you to record on a special cassette with digital quality. They have many advantages over conventional analog cameras. Although the recording is also carried out on a cassette, but in digital form, this allows you to copy from the original without losing quality. The camera contains automatic white balance, digital effects, computer communication port, shooting resolution 720x576 pixels, frame rate 25 frames per second. Despite the higher resolution compared to WEB-cameras, it is still

insufficient for registering individual threads on the surface of the package.

The disadvantage of MiniDV cameras is the connection to the computer via the IEEE 1394 port, which is almost exclusively found in laptops. There are separate expansion cards for the IEEE 1394 port. That is, to work with video, special equipment and software are required, which makes it difficult to use a MiniDV camera as a device for image registration in a device for controlling the geometric parameters of the winding body.

– Digital camera as an image recording device.

Digital cameras (digital cameras) are becoming more and more widespread. Unlike film cameras, digital cameras use a CCD-matrix (charge-coupled device), which consists of light-sensitive elements, to receive the image. Each of its elements is charged in proportion to the intensity of the part of the image that fell on it, and then converted into a digital RGB value. An RGB value is a composite of the levels of the three primary colors red, green, blue, and brightness. Their values vary within 0–255. For example, RGB values for white are 255,255,255 with a brightness value of 240.

The photographic resolution for digital cameras is determined by the resolution of the CCDs used.

The resolution of the matrix is characterized by the number of elements in millions of pixels. So matrices with low resolution consist of 2 million (1600x1200) pixels. With this number of elements, it is possible to obtain an imprint on paper of a standard size of 10x15 cm with a resolution of approximately 10 lines/mm. The visible diameter of cotton yarn with a linear density of 50 tex is 0.25 mm. Thus, the resolution of inexpensive digital cameras is quite sufficient for fixing individual threads on the surface of the package.

It should be noted that almost all digital cameras have the ability to shoot videos. Using the video recording mode of a rotating bobbin will make it possible to obtain an image of the meridional section of its surface at different angles of its rotation. Typically, digital cameras are equipped with a standard

USB port for connecting to a computer. This is a big plus when processing footage, because it will allow direct transfer of the received primary material to a computer for processing.

The obtained formula makes it possible to analyze the errors in the control of the bobbin surface profile by the shadow projection method. The main sources of systematic errors for the chosen measurement method are: the error of the transformation scale and the error caused by the curvature of the shadow edge image.

Thus, the most appropriate image recording device for controlling the geometric parameters of the winding body is a digital camera.

CONCLUSIONS

A formula is obtained for determining the transformation scale when controlling the bobbin shape by the method of shadow projection from the design parameters of the device.

It is shown that the transformation scale is affected not only by the angles between the normal to the bobbin surface and the optical axes of the illuminator and photodetector, but also by the width of the controlled bobbin.

It is substantiated that a digital camera has sufficient resolution, allows you to shoot videos at a frequency of up to 30 frames / s, transfer the footage to a computer via a USB port.

REFERENCES

1. *Kuchin A.A., Obradovich K.A.* Opticheskie pribori dlya izmereniya sherohovatosti poverhnosti. L.: Mashinostroenie, 1981.
2. *Rafique Ahmed Jhatial, Mazhar Hussain Peerzada, Uzma Syed.* Optical Yarn Assessment System for Twist Measurement in Rotor-Spun Yarn // *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*. 2016, 34 (1). P. 25...32.
3. *Gandhi K.L.* Yarn preparation for weaving winding. *Woven Textiles*, 2012. P. 35...61.
4. *Shams Nateri A., Ebrahimi F., Sadeghzade N.* Evaluation of yarn defects by image processing technique // *Optik – International Journal for Light and Electron Optics*, Vol. 125, Issue 20, October 2014, Pages 5998-6002
5. *Liwei Deng, Hongfei Suo and Haonan Ren.* De-

sign of Insulation Tape Tension Control System of Transformer Winding Machine Based on Fuzzy PID. *Sensors* 2021, 21, 6512 <https://doi.org/10.3390/s21196512>

6. *Noor Ahmed Raaz.* Winding Process in Textile Industry // *Textile merchandising*. November 7, 2016

7. *Rudovskii P.N.* The relationship between winding structure, sloughing off and breakages during re-winding // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 1996. No 6. P. 40...44.

8. *Jianhui Fu, Jaedeuk Yun, Jeong-Suk Kim, Yoongho Jung.* Real-time graphic visualization of filament band winding for fiber-reinforced cylindrical vessels // *Journal of Composite Materials*. 2015. Vol. 50, 16. P. 2165...2175.

9. *Brut-Brulyako A.B., Rudovskiy P.N.* Research of winding density cotton yarn in cylinder bobbins for coloration // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2016. No 1 (361). P. 75...78.

10. *Rudovsky P.N., Palochkin S.V., Laryushkin P.A.* The influence of dissipative properties of a textile bobbin for damping oscillations in the winding mechanism of a textile machine // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2016. No 4 (364). P. 114...117.

11. *Palochkin S.V., Labay N.Ju., Rudovskiy P.N.* Experimental research of vibration damping in textile bobbins with cross filament winding // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2015. No 3 (357). P. 141...145.

12. *Rudovsky P.N., Nuriev M.N., Kiselev P.N.* Receiving the graphical model of the cross winding bobbins // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2006. No 3 (290). P. 124...125.

13. *Rudovskiy P.N., Nuriev M.N., Kiselev P.N.* Development of complex index for estimation of the form of the Cross-Wound Bobbins // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2006. No 5 (293). P. 131...133.

14. *Nuriyev M.* Development of methods for recognition of structural defects using package surface image / *M. Nuriyev, K. Dadashova, I. Radzhabov* // *Sciencerise*. 2016. № 4/2 (21). P. 6...10. DOI:10.15587/2313-8416.2016.66143

15. *Timusjak S.J.U., Rudovsky P.N.* Influence of a winding diameter on the hydraulic resistance of cross-wound bobbins // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2011. No 5 (334). P. 71...74.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кучин А.А., Обрадович К.А.* Оптические приборы для измерения шероховатости поверхности. Л.: Машиностроение, 1981.
2. *Rafique Ahmed Jhatial, Mazhar Hussain Peerzada, Uzma Syed.* Optical Yarn Assessment System for Twist Measurement in Rotor-Spun Yarn // *Mehran University Research Journal of Engineering and Tech-*

nology. 2016, 34 (1). P. 25...32.

3. *Gandhi K.L.* Yarn preparation for weaving winding. *Woven Textiles*, 2012. P. 35...61.

4. *Shams Nateri A., Ebrahimi F., Sadeghzade N.* Evaluation of yarn defects by image processing technique // *Optik – International Journal for Light and Electron Optics*, Vol. 125, Issue 20, October 2014, Pages 5998-6002.

5. *Liwei Deng, Hongfei Suo and Haonan Ren.* Design of Insulation Tape Tension Control System of Transformer Winding Machine Based on Fuzzy PID. *Sensors* 2021, 21, 6512 <https://doi.org/10.3390/s21196512>

6. *Noor Ahmed Raaz.* Winding Process in Textile Industry // *Textile merchandising*. November 7, 2016

7. *Рудовский П.Н.* Взаимосвязь структуры намотки, слетов витков и обрывности при перематывании // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 1996. № 6. С. 40...44.

8. *Jianhui Fu, Jaedeuk Yun, Jeong-Suk Kim, Yoongho Jung.* Real-time graphic visualization of filament band winding for fiber-reinforced cylindrical vessels // *Journal of Composite Materials*. 2015. Vol. 50, 16. P. 2165...2175.

9. *Брут-Бруляко А.Б., Рудовский П.Н.* Исследование плотности намотки хлопчатобумажной пряжи в цилиндрических бобинах для крашения // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2016. № 1 (361). С. 75...78.

10. *Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Ларюшкин П.А.* Влияние диссипативных свойств текстильной паковки на демпфирование колебаний в мотальном механизме текстильной машины // *Изв.*

вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 4 (364). С. 114...117.

11. *Палочкин С.В., Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н.* Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в текстильных паковках с крестовой намоткой нити // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2015. № 3 (357). С. 141...145.

12. *Рудовский П.Н., Нуриев М.Н., Киселев П.Н.* Получение графической модели паковок крестовой мотки // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2006. № 3 (290). С. 124...125.

13. *Рудовский П.Н., Нуриев М.Н., Киселев П.Н.* Разработка комплексного показателя для оценки формы паковок крестовой мотки // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2006. № 5(293). С. 131...133.

14. *Нуриев М.Н., Дадашова К.С., Раджабов И.С.* Разработка методов для распознавания дефектов структуры с использованием изображения поверхности паковок // *Sciencerise*. 2016. № 4/2 (21). С. 6...10.

15. *Тимусьяк С.Ю., Рудовский П.Н.* Влияние диаметра наматывания на гидравлическое сопротивление паковок крестовой намотки // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2011. № 5 (334). С. 71...74.

Рекомендована кафедрой инженерии и прикладных наук Азербайджанского государственного экономического университета. Поступила 24.07.23.

УДК 699.887

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_185

**РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****RADIATION RISKS IN THE TEXTILE INDUSTRY***В.И. РИМШИН², А.В. КАЛАЙДО^{1,3}, М.Н. СЕМЕНОВА¹, А.А.НИКИТИН⁴, А.Е.МОЛЧАНОВА⁴**V.I. RIMSHIN², A.V. KALAIIDO^{1,3}, M.N. SEMENOVA¹, A.A.NIKITIN⁴, A.E. MOLCHANOVA⁴*¹Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН,²Московский государственный строительный университет,³Луганский государственный педагогический университет им. Т.Г. Шевченко,⁴ Новосибирский Государственный архитектурно-строительный университет Сибстрин)¹ Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN,² Moscow State University of Civil Engineering,³ T.G. Shevchenko Luhansk State Pedagogical University,⁴ Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering Sibstrin)

E-mail: v.rimshin@niisf.ru; kalyado18@mail.ru; lor267gg@yandex.ru,

dishonor170@gmail.com, alyona20020114@gmail.com

Основную нагрузку на здоровье персонала предприятий формируют вредные и опасные факторы производственной среды. В текстильной промышленности создание безопасных и комфортных условий труда является приоритетным, так как в технологических процессах присутствуют неблагоприятные факторы всех четырех групп: физические, химические, биологические и психофизиологические. В статье исследуется влияние ионизирующего излучения на рабочих предприятий текстильной промышленности. Большую часть годовой индивидуальной дозы облучения человек получает в зданиях от радиоактивного газа радона и его дочерних продуктов распада. Нагрузка на организм многократно усиливается за счет мультипликативного эффекта, когда на человека одновременно действуют другие вещества, способные вызывать рак легкого, а подобная ситуация характерна для предприятий текстильной промышленности.

Основным источником поступления радона в здания является грунт под ними, и, чем больше площадь соприкосновения фундамента здания с грунтом, тем более сложнее радоновая ситуация складывается в нем. Большинство предприятий текстильной промышленности имеет рабочую зону в сотни квадратных метров на первом этаже и трециноватые фундаменты в зданиях с существенным сроком эксплуатации.

Предложено два метода оценки радоновой обстановки на предприятиях текстильной промышленности. Экспериментально-расчетные методы определения среднегодового ЭРОА в помещениях нижнего этажа разработаны в НИИ строительной физики РААСН, и их применение является наиболее компромиссным вариантом решения задачи.

The main burden on the health of the personnel of enterprises is formed by harmful and dangerous factors of the production environment. In the textile industry, the creation of safe and comfortable working conditions is a priority, because of unpleasant factors of all four groups: physical, chemical, biological and psychophysical in technological processes. The article examines the effect of ionizing radiation on the workplaces of textile industry enterprises. Most of the annual individual radiation dose a person receives in buildings from radioactive radon gas and its daughter decay products. The load on the body is magnified many times due to the multiplicative effect, when other substances capable of causing lung cancer simultaneously act on a person, and such a situation is characteristic for textile industry enterprises.

The main source of radon entering buildings is the soil under them, and the larger the area of contact between the foundation of the building and the soil, the more difficult the radon situation is in it. Most textile industry enterprises have a working area of hundreds of square meters on the ground floor and cracked foundations in buildings with a significant service life.

Two methods of assessing the radon situation at textile industry enterprises are proposed. Experimental and computational methods for determining the average annual ERO in the premises of the lower floor have been developed at the Research Institute of Building Physics of the RAASN and their application are the most compromise solution to the problem.

Ключевые слова: текстильная промышленность, радон, облучение, ограждающая конструкция.

Keywords: textile industry, radon, irradiation, walling.

Важнейшей государственной задачей, закрепленной в Конституции Российской Федерации, является реализация прав каждого гражданина на жизнь и здоровье. В процессе трудовой деятельности выполнение задачи сохранения жизни и здоровья работников предприятий возложено ст. 214 Трудового кодекса на работодателя и реализуется через обеспечение эффективного функционирования системы управления охраной труда. Как известно, угрозу жизни и здоровью работников предприятий формируют вредные и опасные факторы производственной среды.

В текстильной промышленности задача создания безопасных и комфортных условий труда относится к наиболее приоритетным, поскольку в технологических процессах различных отраслей присутствуют вредные и опасные факторы всех четырех групп:

– физические – движущиеся части технологического оборудования; острые края инструмента; нагретые пары пластмасс;

шумы и вибрации при работе транспортных машин; электромагнитные поля двигателей швейных машинок и др.;

– химические – растворители типа диметилформамида, пары свинца и другие вредные и опасные вещества в любых агрегатных состояниях;

– биологические – пыль от кожи или шерсти;

– психофизиологические – длительные статические нагрузки; частая повторяемость однотипных действий; напряженность труда и т. д.

Особенности идентификации и снижения негативного воздействия производственных опасностей в текстильной промышленности рассмотрены в ряде работ отечественных ученых [1–3], а также в зарубежных источниках [10–21]. Однако в научной литературе полностью отсутствуют исследования, посвященные воздействию не менее опасного фактора – радиоактивного облучения. Считается, что если работники предприятий текстильной

промышленности не работают с источниками ионизирующего излучения, то они не подвергаются радиоактивному облучению. Данная точка зрения в корне неверна, поскольку уже достаточно давно установлено, что большую часть годовой индивидуальной дозы облучения человек получает в зданиях от радиоактивного газа радона и его дочерних продуктов распада [4].

Радон-222 и его короткоживущие дочерние продукты распада (ДПР) являются основным дозообразующим фактором для населения Российской Федерации и существенно превышают по мощности остальные источники радиационного облучения населения. Длительное пребывание в помещениях с высокой концентрацией радона в воздухе значительно повышает риск возникновения рака легкого. Этот риск многократно усиливается за счет мультипликативного эффекта, если на человека одновременно действуют другие вещества, способные вызывать рак легкого. А подобная ситуация как раз характерна для предприятий текстильной промышленности.

В подавляющем большинстве случаев единственным существенным источником поступления радона в здания является грунт под ними, поэтому, чем больше площадь соприкосновения фундамента здания с грунтом, тем обычно сложнее радоновая ситуация в нем. Интенсивность поступления радона сквозь фундамент в помещения нижнего этажа определяется большим количеством факторов, но главные из них – это удельная активность радия в грунте, а также тип и состояние фундамента. Данные факторы опасности характерны для большинства предприятий текстильной промышленности: рабочая зона в сотни квадратных метров на первом этаже и трещиноватые фундаменты в зданиях с существенным сроком эксплуатации.

Количественной характеристикой содержания радона в воздухе жилых и рабочих помещений является эквивалентная равновесная объемная активность радона и его дочерних продуктов распада (ЭРОА). Требование ограничения облучения населения радоном закреплено санитарным за-

конодательством РФ [5] в виде двухуровневого гигиенического норматива:

– в эксплуатируемых зданиях ЭРОА не должна превышать 200 Бк/м³;

– в зданиях, построенных по современным технологиям или прошедших реконструкцию, ЭРОА не должна превышать 100 Бк/м³.

Таким образом, среднегодовая величина ЭРОА радона в помещениях является объективным критерием потенциальной радоноопасности здания. Однако для контроля уровней радона в зданиях обычные дозиметры не могут быть использованы, поскольку они регистрируют γ -излучение. Радон же является α -излучателем, который наносит вред только после попадания в органы дыхания человека. Для его измерения используются специальные приборы – радиометры ЭРОА дочерних продуктов распада радона. Однако сам процесс экспериментального определения среднегодовой ЭРОА достаточно длительный и дорогостоящий, особенно для предприятий, обладающих крупными производственными площадями с длительным пребыванием работников. Следует отметить, что под длительным пребыванием понимается нахождение работника на данном участке два и более часа за смену.

В подобной ситуации компромиссным вариантом является использование разработанного в НИИ строительной физики РААСН экспериментально-расчетного метода определения среднегодового ЭРОА в помещениях нижнего этажа. Данный метод по точности уступает прямым измерениям, однако он позволяет выполнить приблизительную оценку уровней радона в цехах и далее принять взвешенное решение о необходимости проведения прямых измерений.

Преимуществом данного метода является несоизмеримо меньшее количество необходимых лабораторных исследований. На предварительном этапе следует экспериментально-расчетным путем определить радоновую нагрузку на фундамент Π_{Rn} по формуле

$$\Pi_{Rn} = C_{гр} k_{эм} \rho_{гр}, \quad (1)$$

где $C_{гр}$ – удельная активность радия в грунте, Бк/кг; $k_{эм}$ – коэффициент эманирования радона грунтом; $\rho_{гр}$ – плотность грунта в пробе, кг/м³.

Для этого выполняется отбор пробы грунта (200–300 г) непосредственно у фундамента оцениваемого здания. Еще одним достоинством метода является его простота и невысокая трудоемкость: величины C_{Ra} и $k_{эм}$ определяются в радиационной лаборатории в рамках единого гамма-спектрометрического исследования, схема которого показана на рис. 1 (определение удельной активности радия и коэффициента эманирования радона).

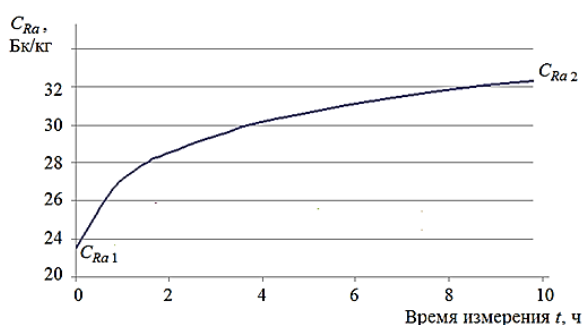


Рис. 1

В гамма-спектрометр помещается негерметизированная проба, и в начальный момент фиксируется удельная активность радия C_{Ra1} . После герметизации пробы возникает дополнительная активность, и в момент прекращения ее нарастания фиксируется окончательное значение удельной активности радия C_{Ra2} . По отношению разности активностей радия к конечной величине C_{Ra2} и вычисляется коэффициент эманирования. Вся процедура проведения исследования занимает не более суток, полученные результаты являются входными данными для расчетного блока методики.

Этап 1. Расчет параметров ограждающих конструкций

1. Геометрические характеристики помещения и его ограждающих конструкций:

- объем помещения $V = abh$;
- площадь внутренних стен

$$S_{внт} = 2h(a + b);$$

- площадь наружных стен $S_{нст} = S_{внт}$;

- площадь верхнего перекрытия

$$S_{пер} = (a + b);$$

- площадь пола $S_{пол} = S_{пер}$,

где a , b и h – длина, толщина и высота помещения, м.

2. Сопротивление радонопроницанию конструкции пола

$$R = \frac{1}{\sqrt{\lambda \cdot D_6}} \operatorname{sh} \left(h_{пл} \sqrt{\frac{\lambda}{D_6}} \right), \quad (2)$$

где $h_{пл}$ – толщина плиты основания, м; $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ – постоянная распада радона; $D_6 = 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ – коэффициент диффузии радона в бетоне.

Этап 2. Расчет плотностей потоков радона в помещении

1. Плотность потока радона из грунта через горизонтальную подземную ограждающую конструкцию

$$q_{гр} = 1,3 \frac{P_{Rn}}{R}. \quad (3)$$

Множитель 1,3 представляет коэффициент запаса, учитывающий появление усадочных трещин и других негерметичностей в оболочке здания.

2. Плотность потока выделения радона в материале наружных стен

$$q_{н} = C_{Ra} \rho_6 k_{эм} \sqrt{\lambda D_6} \tanh \left(\frac{h_{н}}{2} \sqrt{\frac{\lambda}{D_6}} \right), \quad (4)$$

где $C_{Ra} = 25 \text{ Бк/кг}$ – удельная активность радия в бетоне; $\rho_6 = 2400 \text{ кг/м}^3$ – плотность бетона; $h_{н}$ – толщина наружных стен, м.

3. Плотность потока выделения радона в материале внутренних стен

$$q_{внт} = C_{Ra} \rho_6 k_{эм} \sqrt{\lambda D_6} \tanh \left(\frac{h_{внт}}{2} \sqrt{\frac{\lambda}{D_6}} \right), \quad (5)$$

где $h_{внт}$ – толщина внутренних стен, м.

4. Плотность потока выделения радона в материале перекрытия

$$q_{пер} = C_{Ra} \rho_6 k_{эм} \sqrt{\lambda D_6} \tanh \left(\frac{h_{пер}}{2} \sqrt{\frac{\lambda}{D_6}} \right), \quad (6)$$

где $h_{пер}$ – толщина перекрытия, м.

5. Плотность потока выделения радона в материале плиты пола

$$q_{\text{пол}} = C_{\text{Ra}} \rho_{\text{б}} k_{\text{эм}} \sqrt{\lambda D_{\text{б}}} \tanh\left(\frac{h_{\text{пол}}}{2} \sqrt{\frac{\lambda}{D_{\text{б}}}}\right), \quad (7)$$

где $h_{\text{пол}}$ – толщина плиты пола, м.

$$\text{ЭРОА}_{\text{пр}} = \left(\frac{q_{\text{вн}} S_{\text{вн}} + q_{\text{н}} S_{\text{н}} + q_{\text{пер}} S_{\text{пер}} + (q_{\text{гр}} + q_{\text{пол}}) S_{\text{пол}}}{V(\lambda + n)} + \frac{\text{ЭРОА}_{\text{н.п}}}{\lambda + n} \right) F, \quad (8)$$

где $F = 0,4$ – коэффициент сдвига радиоактивного равновесия.

2. Сравнение прогнозируемого значения с требуемым:

– $\text{ЭРОА}_{\text{пр}} < 100 \text{ Бк/м}^3$ – с большой вероятностью радоновая обстановка в производственном помещении в норме;

– $\text{ЭРОА}_{\text{пр}} > 100 \text{ Бк/м}^3$ – имеет смысл рассмотреть вариант с проведением мониторинга радоновой обстановки в здании.

ВЫВОДЫ

1. К настоящему времени радоновая обстановка в цехах предприятий текстильной промышленности не изучена, хотя их конструктивные особенности указывают на потенциальную возможность превышения пороговых величин содержания радона в воздухе рабочей зоны.

2. Изменение данной ситуации возможно за счет проведения прямых измерений ЭРОА радона в воздухе помещений специализированной лабораторией, однако данный метод влечет за собой определенные финансовые затраты.

3. В качестве альтернативы может быть использован экспериментально-расчетный метод, отличающийся достаточной точностью, простотой лабораторных исследований и небольшим объемом расчетной части.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Крайнова А.Е.* Особенности проведения специальной оценки условий труда на предприятиях текстильной промышленности // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2015): сборник материалов международной научно-технической конференции. М.: МГУДТ, 2015. С. 124...128.

2. *Штебнер С.В., Чубрина К.А.* Основные направления повышения производительности труда на предприятиях текстильной промышленности //

Этап 3. Расчет прогнозируемой ЭРОА радона в помещении

1. Прогнозируемое значение ЭРОА радона в помещении определяется из уравнения радонового баланса

Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 3 (393). С. 38...41.

3. *Пащикова В.А., Данышина Н.А., Елисеев Д.В., Копылов С.А.* Анализ условий труда и оценка профессиональных рисков на предприятии текстильной промышленности «ГАММА» // Геоэкологические проблемы современности и пути их решения: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. Орел, 2021. С. 69...76.

4. *Жуковский М.В., Кружалов А.В., Гурвич В.Б., Ярмошенко И.В.* Радоновая безопасность зданий. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2000. 180 с.

5. ОСПОРБ-99/2010. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности.

6. *Калайдо А.В., Римшин В.И., Семенова М.Н.* Обеспечение приемлемых уровней облучения радона в зданиях пассивными радонозащитными технологиями // Бюллетень строительной техники. 2021. № 6 (1042). С. 20...22.

7. *Калайдо А.В., Римшин В.И., Семенова М.Н.* Оценка вкладов диффузионного и конвективного поступления радона в здания // Жилищное строительство. 2021. № 7. С. 48...53.

8. *Калайдо А.В., Римшин В.И., Семенова М.Н., Быков Г.С.* Пассивные технологии обеспечения радоновой безопасности воздушной среды проектируемых зданий // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2021. № 1. С. 28...35.

9. *Огурцов В.А., Румянцева В.Е., Митрофанов А.В., Огурцов А.В., Зарубин З.В.* Математическое моделирование пиролиза отходов текстильного производства в реакторе периодического действия с рубашкой нагрева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6 (402). С. 183...189.

10. *Roumyantseva V.E., Goglev I.N., Loginova S.A., Truntov P.S., Burkov A.A.* Development and research of properties cement concrete hardening accelerator additive based on a mixture of inorganic fluorine-containing salts // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". 2020, 052026.

11. *Konovalova V.S., Rumyantseva V.E.* Production of colored phosphate coatings on steel // Materials Science Forum. 2021. Т. 1037 MSF. P. 457...463.

12. *Rumyantseva V., Konovalova V., Narmaniya B.* Modified phosphate coatings applied to steel by cold method // *Cep. "Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling 2021, IITMM 2021 - Mathematical Modeling in the Socio-Economic and Informational Spheres"*: Journal of Physics. 2021, 042027.

13. *Konovalova V.S., Rumyantseva V.E.* Obtaining luminous phosphate coatings on steel by cold method // *Cep. "Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment"*: Materials Research Proceedings. 2022. P. 66...70.

14. *Tho V.D., Korol E.A., Rimshin V.I., Anh P.T.* Model of stress-strain state of three-layered reinforced concrete structure by the finite element methods // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2022, 18(2). P. 62...73.

15. *Solovev D.B., Petukhov V., Bekker A., Ward M.O., Hamitov R.* Preface // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022, 988(1). 011001

16. *Martinov V., Lukin M., Rimshin V., Rusak K., Ivaniuk A.* Influence of Different Types of Aggregates on the Structural Properties of Fiber-Reinforced Concrete // *Lecture Notes in Networks and Systems* this link is disabled.–2022, 403 LNNS. P. 1467...1476.

17. *Neverov A.N., Truntov P.S., Ketsko E.S., Rimshin V.I.* Calculating the Strengthening of Construction Structures Before the Reconstruction of the Building // *Lecture Notes in Civil Engineering* this. 2022. 182. P. 173...179.

18. *Lukin M., Martynov V., Rimshin V., Aleksiievets I.* Reinforced Concrete Vertical Structures Under a Gently Sloping Shell of Double Curvature Under the Influence of Progressive Collapse // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022, 182. P. 577...587.

19. *Krishan A.L., Rimshin V.I., Shubin I.L., Astafeva M.A., Stupak A.A.* Compressed Reinforced Concrete Elements Bearing Capacity of Various Flexibility // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022, 182. P. 283...291.

20. *Rimshin V.I., Roshchina S.I., Ketsko E.S., Truntov P.S., Kuzina I.S.* Engineering Calculations of Acidifier Retaining Walls During Water Treatment Facilities Designing // *Lecture Notes in Civil Engineering* this. 2022, 182. P. 55...73.

21. *Rimshin V.I., Kurbatov V.L., Ketsko E.S., Truntov P.S.* Textile industry building strengthening with external reinforcement with composite materials // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021, (6), P. 242...249.

REFERENCES

1. *Krainova A.E.* Features of conducting a special assessment of working conditions at enterprises of the textile industry // *Design, technologies and innovations in the tech-stylish and light industry (INNOVATIONS-2015): Collection of materials of the international scientific and technical conference*. M., 2015. P. 124...128.

2. *Shtebner S.V., Chubrina K.A.* The main directions of increasing labor productivity at textile industry

enterprises // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. № 3 (393). P. 38...41.

3. *Pashkova V.A., Danshina N.A., Eliseev D.V., Kopylov S.A.* Analysis of working conditions and assessment of occupational risks at the textile industry enterprise "GAMMA" // *Geocological problems of modernity and ways to solve them: Materials of the III All-Russian scientific and practical conference*. Orel, 2021. P. 69...76.

4. *Zhukovsky M.V., Kruzhalov A.V., Gurvich V.B., Yarmoshenko I.V.* Radon safety of buildings. Yekaterinburg: Publishing House of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2000. 180 p.

5. OSPORB-99/2010. Basic sanitary rules for radiation safety.

6. *Kalaido A.V., Rimshin V.I., Semenova M.N.* Ensuring acceptable levels of radiation exposure in buildings with passive radon-protective technologies // *Bulletin of construction equipment*. 2021. № 6 (1042). P. 20...22.

7. *Kalaido A.V., Rimshin V.I., Semenova M.N.* Assessment of contributions of diffusive and convective radon intake into buildings // *Housing construction*. 2021. № 7. P. 48...53.

8. *Kalaido A.V., Rimshin V.I., Semenova M.N., Bykov G.S.* Passive technologies for ensuring radon safety of the air environment of projected buildings // *Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technologies*. 2021. № 1. P. 28...35.

9. *Ogurtsov V.A., Rumyantseva V.E., Mitrofanov A.V., Ogurtsov A.V., Zarubin Z.V.* Mathematical modeling of pyrolysis of textile production waste in a batch reactor with a heating jacket // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 6 (402). P. 183...189.

10. *Rumyantseva V.E., Goglev I.N., Loginova S.A., Truntov P.S., Burkov A.A.* Development and research of properties cement concrete hardening accelerator additive based on a mixture of inorganic fluorine-containing salts // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019"*. 2020, 052026.

11. *Konovalova V.S., Rumyantseva V.E.* Production of colored phosphate coatings on steel // *Materials Science Forum*. 2021. T. 1037 MSF. P. 457...463.

12. *Rumyantseva V., Konovalova V., Narmaniya B.* Modified phosphate coatings applied to steel by cold method // *Cep. "Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling 2021, IITMM 2021 - Mathematical Modeling in the Socio-Economic and Informational Spheres"*: Journal of Physics. 2021, 042027.

13. *Konovalova V.S., Rumyantseva V.E.* Obtaining luminous phosphate coatings on steel by cold method // *Cep. "Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment"*: Materials Research Proceedings. 2022. P. 66...70.

14. *Tho V.D., Korol E.A., Rimshin V.I., Anh P.T.* Model of stress-strain state of three-layered reinforced concrete structure by the finite element methods

// International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2022, 18(2). P. 62...73.

15. Solovev D.B., Petukhov V., Bekker A., Ward M.O., Hamitov R. Preface // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022, 988(1). 011001

16. Martinov V., Lukin M., Rimshin V., Rusak K., Ivaniuk A. Influence of Different Types of Aggregates on the Structural Properties of Fiber-Reinforced Concrete // Lecture Notes in Networks and Systems this link is disabled. 2022, 403 LNNS. P. 1467...1476.

17. Neverov A.N., Truntov P.S., Ketsko E.S., Rimshin V.I. Calculating the Strengthening of Construction Structures Before the Reconstruction of the Building // Lecture Notes in Civil Engineering this. 2022, 182. P. 173...179.

18. Lukin M., Martynov V., Rimshin V., Alekseevets I. Reinforced Concrete Vertical Structures Under a Gently Sloping Shell of Double Curvature Under the Influence of Progressive Collapse // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022, 182. P. 577...587.

19. Krishan A.L., Rimshin V.I., Shubin I.L., Astafeva M.A., Stupak A.A. Compressed Reinforced Concrete Elements Bearing Capacity of Various Flexibility // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022, 182. P. 283...291.

20. Rimshin V.I., Roshchina S.I., Ketsko E.S., Truntov P.S., Kuzina I.S. Engineering Calculations of Acidifier Retaining Walls During Water Treatment Facilities Designing // Lecture Notes in Civil Engineering this. 2022, 182. P. 55...73.

21. Rimshin V.I., Kurbatov V.L., Ketsko E.S., Truntov P.S. Textile industry building strengthening with external reinforcement with composite materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021, (6). P. 242...249.

Рекомендована НИИ строительной физики РААСН. Поступила 17.04.23.

УДК 331.45

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_191

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МИКРОКЛИМАТ В ЗДАНИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ANALYSIS OF PRODUCTION FACTORS AFFECTING THE MICROCLIMATE IN TEXTILE INDUSTRY BUILDINGS

Е.А. КОРОЛЬ¹, Ю.О. КУСТИКОВА¹, Д.А. СМIRHOV²

Е.А. KOROL¹, Y.O. KUSTIKOVA¹, D.A. SMIRNOV²

(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 производственных зданиях текстильной промышленности формируются специфические условия микроклимата, связанные с особенностью технологических процессов. Эти условия различаются в зависимости от назначения зданий и выпускаемых видов продукции. Однако все параметры внутренней среды помещений должны находиться в пределах оптимальных или допустимых значений. Для этого необходим постоянный мониторинг и регулирующие воздействия с целью обеспечения заданных параметров температуры, влажности, шума, освещения, вентиляции и кондиционирования. Выполнение этих требований не оказывает негативного воздействия на организм работающих и способствует повышению производительности труда в отрасли.

In the production buildings of the textile industry specific microclimate conditions are formed, associated with the peculiarities of technological processes. These conditions vary depending on the purpose of the buildings and the products produced. However, all parameters of the internal environment of the premises must be within the optimal or permissible values and have no an adverse effect on the health of the employees in the production shops. This requires constant monitoring and control measures for temperature, humidity, noise, lighting, ventilation and air conditioning. Fulfillment of these requirements has a favorable impact on the body of workers and contributes to an increase in labor productivity in the industry.

Ключевые слова: производственные факторы, микроклимат производственных помещений, параметры внутренней среды помещений, тепло-влажностный режим.

Keywords: production factors, microclimate of production premises, indoor environment parameters, heat and humidity regime.

Введение

Для создания нормальных условий работы в производственных зданиях формируются требования к параметрам внутренней среды помещений, которые обеспечивают не только здоровые условия производственной деятельности, но и по возможности комфортный режим пребывания в течение всей рабочей смены. Наиболее важными производственными факторами, влияющими на микроклимат в зданиях-цехах предприятий текстильной промышленности, являются: температура, влажность, освещение, вентиляция, шум.

Специфика используемых технологий по производству хлопка, шелка, шерсти в прядильных цехах и на ткацких фабриках отличается как повышенным температурным режимом, так и увеличенной влажностью [1-3].

Оптимальные и допустимые температурные и влажностные режимы, скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом явного избытка тепла устанавливаются нормативными документами [2, 3].

Оптимальные условия создают предпосылки для высокого уровня работоспособности человека и, как правило, роста производительности труда [4]. При допустимых параметрах микроклимата нарушения состояния здоровья человека не возникает, при длительном и систематическом воз-

действии на человека изменения функционального и теплового состояния организма с реакцией терморегуляции не выходят за пределы физиологических возможностей организма [4-6].



Рис. 1

На состояние здоровья, работоспособность и производительность труда при производстве работ оказывает влияние, как правило, сочетание параметров микроклимата в помещении (рис. 1).

По обобщенным данным этот диапазон для производственных помещений определен по результатам большого количества исследований для зданий различного про-

Т а б л и ц а 1

Период	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iа (до 139)	22...24	21...25	60...40	0,1
	Iб (140...174)	21...23	20...24	60...40	0,1
	IIа (175...232)	19...21	18...22	60...40	0,2
	IIб (233...290)	17...19	16...20	60...40	0,2
	III (более 290)	16...18	15...19	60...40	0,3
Теплый	Iа (до 139)	23...25	22...26	60...40	0,1
	Iб (140...174)	22...24	21...25	60...40	0,1
	IIа (175...232)	20...22	19...23	60...40	0,2
	IIб (233...290)	19...21	18...22	60...40	0,2
	III (более 290)	18...20	17...21	60...40	0,3

Рассмотрим влияние отдельных микроклиматических факторов на состояние внутренней производственной среды зданий различного производственного назначения.

Температура. Температура – важный фактор, формирующий микроклимат производственных помещений зданий текстильной промышленности. Текстильное производство требует определенного диапазона температур для обеспечения

надлежащей обработки волокон и материалов. Идеальный температурный диапазон может варьироваться в зависимости от конкретного используемого процесса текстильного производства. Например, прядение и ткачество могут требовать более низкого температурного режима, чем крашение и отделка (рис. 2).



Рис.2

Температура может влиять не только на комфорт, но и на производительность труда работников, а также на качество производимых текстильных изделий, особенно если температура значительно изменяется в процессе производства.

Для поддержания оптимального температурного режима в зданиях текстильного производства используют надлежащую изоляцию и системы отопления или охлаждения, включая кондиционеры, обогреватели и изоляционные материалы (изоляционные одеяла и шторы). Температуру в

зданиях текстильной промышленности можно также регулировать с помощью систем вентиляции и рационального размещения оборудования, чтобы минимизировать выделение тепла.

В целом поддержание надлежащего температурного режима в зданиях текстильной промышленности необходимо для обеспечения безопасности и комфорта работников, а также качества производимой текстильной продукции.

Влажность. Влажность – это количество водяного пара или влаги, присутствующей в воздухе. Это важный фактор микроклимата любого внутреннего пространства, включая здания текстильной промышленности. Количество влаги в воз-

духе может оказывать значительное влияние на комфорт, здоровье и производительность труда работников, а также на качество производимой текстильной продукции. В текстильном производстве высокий уровень влажности может быть вызван такими процессами, как окрашивание и отделка. Если уровень влажности слишком высок, это может привести к образованию плесени, которая может повредить текстильные изделия и создать угрозу для здоровья работников. С другой стороны, если уровень влажности слишком низкий, это может привести к хрупкости и разрушению волокон и материалов, что может повлиять на качество готовой продукции.



Рис. 3

В помещениях текстильного производства важно контролировать уровень относительной влажности (RH). Идеальный уровень относительной влажности для текстильного производства может варьироваться в зависимости от конкретного производственного процесса, но обычно он составляет от 40% до 60% (рис.3).

Уровень влажности и его изменение в производственных цехах можно контролировать и регулировать с помощью кондиционеров, осушителей и вентиляционных систем с целью обеспечения безопасности

работников и качества производимой текстильной продукции.

Освещение. Освещение – еще один важный фактор микроклимата производственных зданий текстильной промышленности. Правильное освещение необходимо для текстильного производства, поскольку работники должны иметь возможность видеть волокна и материалы, с которыми они работают. Однако слишком много или слишком мало света может повлиять на микроклимат в производственных помещениях. Например, слишком много

света может повысить температуру в здании, а слишком мало света может создать влажную среду, способствующую росту плесени. Приведем несколько пояснений вышесказанному.

Уменьшенное испарение влаги. Освещение, в частности естественный солнечный свет, помогает в испарении влаги с поверхности предметов. Когда недостаточно света, влага может медленнее испаряться, что способствует увеличению влажности в помещении.

Плохая циркуляция воздуха. Обычно хорошее освещение связано с наличием окон или других источников света, через которые происходит обмен воздуха снаружи. Это способствует лучшей циркуляции воздуха и отводу влаги, тем самым снижает уровень влажности в помещении.

Темные углы и скрытые места. В темных углах и малопросвечиваемых местах в помещении влага может собираться и задерживаться дольше из-за недостаточного испарения. Это создает идеальные условия для развития плесени, которая обычно процветает во влажных и темных местах.

Отсутствие солнечного света. Солнечный свет обладает естественными свойствами антисептика и может уничтожать некоторые микроорганизмы, включая плесень. В отсутствие достаточного солнечного света подавляющее действие на рост плесени снижается.

Конденсация. Недостаточное освещение также может быть причиной низкой температуры в помещении, что может привести к образованию конденсации на поверхностях. Конденсация – это процесс перехода влаги из газообразного состояния в жидкое, при котором может создаваться влажная среда, способствующая росту плесени на стенах, потолках и других поверхностях.

Чрезмерное освещение может повысить температуру в здании, особенно если источники освещения выделяют тепло. Это может привести к дискомфорту и тепловому стрессу у работников, а также к увеличению расходов на электроэнергию [7, 8].

Для поддержания оптимальных условий освещения в производственных зданиях

текстильной промышленности важно использовать энергоэффективные источники освещения, выделяющие минимум тепла, например светодиодные лампы. Источники освещения должны быть правильно расположены и отрегулированы, чтобы свести к минимуму блики и тени, которые могут затруднять видимость для работников и повышать риск несчастных случаев.

Оптимальные величины показателей освещения в производственных зданиях текстильной промышленности могут различаться в зависимости от конкретных условий и требований. Ниже приведены некоторые рекомендации по обобщенным результатам исследования [7].

Интенсивность освещения. Обычно для производственных помещений рекомендуется обеспечить интенсивность освещения в диапазоне от 300 до 750 люксов. Это может быть достигнуто с помощью сочетания общего освещения и местного (направленного) освещения, которое усиливает видимость на конкретных рабочих местах.

Равномерность освещения. Важно обеспечить равномерное освещение по всей площади производственного помещения. Равномерность освещения можно достичь путем правильного расположения источников освещения и использования отражателей или диффузоров.

Цветовая температура. Для текстильного производства рекомендуется использовать источники света с нейтральной или близкой к нейтральной цветовой температурой (около 4000-5000 К). Это позволяет достичь хорошей цветовой передачи и обеспечить видимость волокон и материалов с высокой точностью.

Минимизация пульсаций. Использование стабильных источников света с минимальными пульсациями также важно для создания комфортной рабочей среды. Высокая пульсация света может вызывать утомляемость глаз и головные боли у работников.

Энергоэффективность. Для снижения тепловой нагрузки на производственные помещения и энергопотребления рекомен-

дуются использовать энергоэффективные источники света, такие, как светодиодные лампы. Они потребляют меньше энергии и выделяют меньше тепла по сравнению с традиционными источниками освещения, такими, как галогенные или люминесцентные лампы.

Учет естественного освещения. Если возможно, следует использовать естественное освещение в сочетании с искусственным. Это поможет снизить энергопотребление и создать более благоприятную атмосферу внутри помещения.

Важно отметить, что конкретные требования к освещению могут различаться в зависимости от типа текстильного производства, специфических задач и нормативных требований.

Помимо повышения безопасности и производительности труда, правильное освещение также может положительно влиять на моральное состояние и самочувствие работников. Достаточное освещение может помочь уменьшить напряжение глаз, головные боли и усталость, а также улучшить настроение и бдительность. Поддержание надлежащих условий освещения в текстильных цехах необходимо для обеспечения безопасности, комфорта и производительности труда работников, а также качества производимой текстильной продукции.

Вентиляция. Вентиляция является важнейшим фактором микроклимата зданий текстильной промышленности. Она означает обмен воздуха внутри и снаружи помещения с помощью естественных или механических средств. Правильная вентиляция необходима в текстильных зданиях для обеспечения удаления из воздуха вредных химических веществ и частиц, а также для регулирования температуры и уровня влажности. В производственных зданиях текстильной промышленности вентиляция может быть обеспечена за счет использования вытяжных вентиляторов, кондиционеров или естественных методов вентиляции, таких, как открывание окон и дверей [9, 10].

Текстильное производство может генерировать различные загрязняющие веще-

ства, включая пыль, волокна и химические вещества из красителей и отделочных материалов. Воздействие этих загрязняющих веществ может вызвать проблемы с дыханием, раздражение кожи и другие проблемы со здоровьем работников. Правильная вентиляция помогает удалить эти загрязняющие вещества из воздуха, снижая риск воздействия на работников и улучшая качество воздуха в здании.

Правильная вентиляция помогает удалить избыток тепла и влаги из здания, что повышает комфорт и производительность труда. Она также помогает предотвратить рост плесени, которая может стать проблемой в зданиях текстильной промышленности с высоким уровнем влажности.

Вентиляция может осуществляться естественным или механическим путем. Естественные методы вентиляции включают в себя открывание окон и дверей, а также использование систем естественной вентиляции, таких, как ветряные башни и дымоходы. Механические системы вентиляции могут включать вытяжные вентиляторы, кондиционеры и системы фильтрации воздуха. Поддержание надлежащей вентиляции в зданиях текстильной промышленности необходимо для здоровья, комфорта и производительности работников, а также для качества производимой текстильной продукции. Правильная вентиляция помогает снизить риск воздействия вредных загрязняющих веществ на работников, регулировать температуру и уровень влажности, а также предотвратить рост плесени.

Шум. Шум – еще один фактор микроклимата производственных зданий текстильной промышленности, который может влиять на безопасность, комфорт и производительность труда работников. Текстильное производство связано с различными источниками шума, включая машины, вентиляционные системы и самих работников. Процессы текстильного производства могут быть шумными, что может повлиять на микроклимат в здании. Высокий уровень шума может вызывать стресс у работников и затруднять эффективное общение.

Длительное воздействие высокого уровня шума может привести к необратимой потере слуха. Шум также может мешать общению и повышать риск несчастных случаев, поскольку работники могут не услышать сигналы тревоги, предупреждения или инструкции. Кроме того, шум может вызвать стресс, который может повлиять на самочувствие и производительность труда.

Чтобы уменьшить воздействие шума в производственных зданиях текстильной промышленности, важно использовать меры по снижению шума, такие, как звуковые барьеры и акустические панели. Машины и оборудование должны регулярно обслуживаться для снижения уровня шума, а работники должны быть обеспечены средствами защиты слуха, например, берушами или наушниками. Кроме того, работники должны быть обучены рискам воздействия шума и тому, как эффективно использовать средства защиты.

Оптимальные величины показателей шума в производственных зданиях текстильной промышленности могут различаться в зависимости от конкретных условий и требований [11, 12].

Максимальный уровень шума. Общепринятой рекомендацией для производственных помещений является максимальный уровень шума в пределах 85 дБ(А) в течение рабочего дня. Это значение основано на пределах экспозиции шуму, установленных международными и национальными нормативами и стандартами.

Зоны снижения уровня шума. Рекомендуется предусмотреть специальные зоны или отдельные помещения с более низким уровнем шума, где работники могут отдохнуть и отвлечься от шумных процессов. Это поможет снизить воздействие шума на работников и предоставит им возможность восстановиться.

Использование звукопоглощающих материалов. Применение звукопоглощающих материалов, таких, как акустические панели и перегородки, может помочь снизить отражение и распространение шума внутри производственного помещения. Это может способствовать снижению уровня

шума и созданию более комфортной рабочей среды.

Использование индивидуальных средств защиты слуха. Работники, которые подвергаются высокому уровню шума, должны быть обеспечены индивидуальными средствами защиты слуха, такими, как наушники или беруши. Это поможет им защитить слух и снизить воздействие шума на организм.

Регулярное обслуживание и обновление оборудования. Поддержание оборудования в хорошем состоянии и регулярное его обслуживание помогут снизить уровень шума, выделяемого машинами и другими источниками шума в производственном помещении. При необходимости следует рассмотреть возможность замены устаревшего и шумного оборудования на более современное и менее шумное.

Снижение уровня шума в текстильных цехах не только помогает защитить слух и самочувствие работников, но и может повысить производительность и качество работы. Более тихая рабочая среда может уменьшить стресс и отвлекающие факторы, позволяя работникам сосредоточиться на своих задачах и производить высококачественную текстильную продукцию [13, 14].

Управление уровнем шума является важным аспектом поддержания безопасного, здорового и продуктивного микроклимата в текстильных цехах. Работодатели должны внедрять соответствующие меры по снижению уровня шума и предоставлять работникам надлежащее обучение и защитное оборудование, чтобы минимизировать риски воздействия шума. Поэтому важно контролировать уровень шума в зданиях текстильной промышленности с помощью звукопоглощающих материалов или путем перемещения шумного оборудования в отдельное помещение.

ВЫВОДЫ

Формирование микроклимата производственных помещений зданий текстильной промышленности обусловлено влиянием таких существенных параметров, как влажность, температура, освещение, вентиляция и шум. Отслеживая и контролируя

фактические значения показателей этих параметров, производители текстиля могут обеспечить безопасность и продуктивность своих работников при производстве высококачественной текстильной продукции.

Для поддержания безопасного и здорового микроклимата в производственных цехах зданий текстильной промышленности необходимо применять соответствующие меры по регулированию значений этих параметров: от допустимых – до оптимальных. Например, уровень влажности можно контролировать с помощью осушителей, систем вентиляции и кондиционирования воздуха, а температуру можно регулировать с помощью надлежащей изоляции и систем отопления или охлаждения. Источники освещения должны быть расположены и отрегулированы таким образом, чтобы минимизировать блики и тени, а для снижения выделения тепла следует использовать энергоэффективные источники, такие, как светодиодные лампы.

Вентиляция имеет важное значение в производственных цехах для удаления загрязняющих веществ из воздуха, регулирования температуры и уровня влажности, а также предотвращения роста плесени. Уровень шума может быть снижен за счет использования шумопоглощающих мер и защитного оборудования для работников.

Поддерживая безопасный и здоровый микроклимат в зданиях текстильной промышленности, работодатели могут улучшить самочувствие и производительность труда работников, а также обеспечить качество производимой текстильной продукции. Гибкое управление этими факторами формирует комфортную рабочую среду, способствующую гармонизации роста производительности труда и условий работы занятых в текстильном производстве работников.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Король Е.А., Дегаев Е.Н., Нармания Б.Е.* Верификация температуры воздуха рабочих зон на предприятиях текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6 (402). С. 189...194.

2. МУК 4.3.2756-10. Методические указания по измерению и оценке микроклимата производствен-

ных помещений: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 12.11.2010. URL: <https://base.garant.ru>

3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

4. *Негрова Е.А., Миронова Е.А., Харина Е.М.* Физиологические аспекты микроклимата производственных помещений текстильных предприятий // Текстильная промышленность. 2012. № 12. С. 36...40.

5. *Рудиянов Д.М., Ким П.В., Леонова Д.С.* Микроклимат производственных помещений // Проблемы научной мысли. 2022. Т. 5. № 4. С. 14...16.

6. *Михайлова Н.А.* Нормирование микроклимата // Вестник магистратуры. 2020. № 1-3 (100). С. 16...22.

7. *Боммель В.Ю., Бельд Г., Ойжген М.* Промышленное освещение и производительность труда // Светотехника. 2003. № 1. С. 8...12.

8. *Русанова Е.И., Дрожжина Н.А.* Комплексное изучение освещенности // Гигиена и санитария. 2007. №4. С. 38...42.

9. *Ерёмкин А.Л.* Высокоэффективные энергосберегающие локальные системы технологического кондиционирования воздуха текстильных предприятий с применением способа вытесняющей вентиляции // Известия вузов. Строительство. 2004. № 7 (547). С. 73...79.

10. *Гуторова Н.В., Тихонова Н.С., Седяров О.И.* Негативные факторы воздушной среды на производствах легкой промышленности и их воздействие на работающих // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 3. С. 199...208. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-3-199-208>

11. *Морозова Е.И., Ломакина О.А., Жуковский М.А.* Оценка воздействия шума на работников текстильной промышленности // Проблемы охраны окружающей среды и природопользования. 2015. № 2 (48). С. 97...102.

12. *Иванов А.Б., Воронцов В.И.* Мероприятия по снижению шума на предприятиях текстильной промышленности // Вестник Технологического университета. 2018. № 8. С. 144...148.

13. *Лебедева Л.С., Чурилова Е.В., Паклун Ю.А.* Оценка и снижение воздействия шума на работников текстильных предприятий // Проблемы экологии и природопользования. 2020. № 2(60). С. 115...119.

14. *Павлов В.А., Калинин А.В., Смирнова О.И.* Оценка шумового воздействия на работников текстильных предприятий // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 3. С. 61...66.

REFERENCES

1. *Korol E.A., Degaev E.N., Narmania B.E.* Verification of air temperature in working areas at textile

industry enterprises // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 6 (402). P. 189...194.

2. MUK 4.3.2756-10. Methodical instructions for measuring and assessing the microclimate of the production premises: approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on 12.11.2010. URL: <https://base.garant.ru>

3. SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements to ensure safety and (or) harmlessness for humans of environmental factors.

4. *Negrova E.A., Mironova E.A., Kharina E.M.* Physiological aspects of microclimate of production premises of textile enterprises // *Textile Industry*. 2012. № 12. P. 36...40.

5. *Rudianov D.M., Kim P.V., Leonova D.S.* Microclimate of production facilities // *Problems of scientific thought*. 2022. T. 5. № 4. C. 14...16.

6. *Mikhailova N.A.* Normalization of microclimate // *Bulletin of the magistracy*. 2020. № 1-3 (100). C. 16...22.

7. *Bommel V.Y., Beld G., Ooizhen M.* Industrial lighting and labor productivity // *Light Engineering*. 2003. № 1. C. 8...12.

8. *Rusanova E.I., Drozhzhina N.A.* Complex Research of Illumination // *Hygiene and Sanitary*. 2007. №4. C. 38...42.

9. *Yeremkin A.L.* High-performance energy-saving local systems of technological air conditioning

of textile enterprises using the method of displacing ventilation // *News of higher educational institutions. Construction*. 2004. № 7 (547). P. 73...79.

10. *Gutorova N.V., Tikhonova N.S., Sedlyarov O.I.* Negative factors of air environment in light industry and their impact on workers // *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and life safety*. 2019. T. 27. № 3. C. 199...208. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-3-199-208>

11. *Morozova E.I., Lomakina O.A., Zhukovsky M.A.* Assessing the impact of noise on workers in the textile industry // *Problems of Environmental Protection and Environmental Management*. 2015. № 2(48). P. 97...102.

12. *Ivanov A.B., Vorontsov V.I.* Measures to reduce noise in the textile industry // *Bulletin of the University of Technology*. 2018. No. 8. P. 144...148.

13. *Lebedeva L.S., Churilova E.V., Paklun Y.A.* Assessment and reduction of noise impact on workers of textile enterprises // *Problems of Ecology and Nature Management*. 2020. No. 2(60). P. 115...119.

14. *Pavlov V.A., Kalinin A.V., Smirnova O.I.* Evaluation of noise impact on workers of textile enterprises // *Labor Safety in Industry*. 2022. № 3. P. 61...66.

Рекомендована кафедрой жилищно-коммунального комплекса НИУ МГСУ. Поступила 28.06.23.

УДК 658.512.23

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_200

**ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ ФОРМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ДРЕВНЕКИТАЙСКОГО КОСТЮМА И МЕБЕЛИ ДЛЯ СИДЕНИЯ****THE CORRELATION BETWEEN THE CHANGES
OF ANCIENT CHINESE COSTUME FORM AND SEATING FURNITURE***Н.Ю.КАЗАКОВА, ЦЮ ЦИ**N.Y.KAZAKOVA, QIU QI*

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

(A. N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art))

E-mail: kazakova-nu@rguk.ru

В данной статье исследуется феномен развития древнекитайских форм одежды. В ней анализируются изменения в форме одежды и взаимосвязи между позой сидя и снаряжением для сидения на основе исторических документов и археологических данных. Авторы отмечают, что на изменения в форме древнекитайской одежды повлияли политический фон и этикет, а изменения в форме одежды, в свою очередь, оказали влияние на сидячую позу. Основываясь на исторических данных, авторы делают вывод, что изменение положения сидя на стуле привело к изменению позы сидя, а изменение позы сидя еще больше повлияло на изменение формы одежды. Таким образом, авторы приходят к выводу, что изменения в форме древнекитайской одежды были результатом интеграции других этнических культур с культурой народности хань, основной этнической группы Китая, и это также было проявлением экономической, культурной и политической открытости древнего Китая для внешнего мира, который оказал важное влияние на форму азиатской одежды.

This paper studies the development phenomenon of ancient Chinese clothing forms. It analyzes the changes in the shape of clothing and the relationships between sitting posture and sitting gear based on historical documents and archaeological data. The authors point out that the changes in the shape of ancient Chinese clothing were influenced by the political background and etiquette, and the changes in the shape of clothing in turn had an impact on the sitting posture. Based on historical data, the authors deduce that the change of sitting in a chair has brought about a change in sitting posture, and the change in sitting posture has further affected the change of clothing form. Therefore, the authors conclude that the changes in the form of ancient Chinese clothing were the result of the in-

tegration of other ethnic cultures with the culture of the Han nationality, the main ethnic group of China, and it was also a manifestation of ancient China's economic, cultural, and political opening up to the outside world, which had an important impact on the form of Asian clothing.

Ключевые слова: формальные характеристики костюма Древнего Китая, поза для сидения, древнекитайская мебель для сидения.

Keywords: ancient Chinese costume shape, ancient Chinese sitting posture, ancient Chinese seating furniture.

Introduction

In this paper, the "forms of ancient Chinese clothing" refers to the "up-clothing and down-skirt", "Up and down integrated clothing", "up-clothing and down-Pants" three main clothing shapes. These three clothing shapes present different formal characteristics under the influence of ancient Chinese etiquette culture and lifestyle. The form characteristics of clothing mentioned in this paper refer to the large clothing shape and style and functional characteristics. The clothing shapes of ancient Chinese people evolved at the same time as the sitting postures and chairs of the same period. The clothing shapes of up-clothing and down-skirt correspond to the sitting postures of kneeling on the mat, and the clothing shapes of up-clothing and down-pants correspond to the sitting posture is sitting on a high seat, which is similar to the modern sitting posture. The change of Chinese clothing shape affects the ancient Chinese people's sitting etiquette and the form of the seat. On the contrary, the innovation of the sitting etiquette and the seat also affects the change of the clothing.

In ancient China, the concept of clothing began to appear in the late Paleolithic Age. During the Shang and Zhou dynasties (approximately 1600-256 BC), the ruling class formulated etiquette laws and used different clothing shapes, colors, patterns, accessories, etc. to distinguish the hierarchical status of different people. Up-clothing and down-skirt became the main clothing forms. From the jade figurines unearthed in the Yin Ruins tomb in Anyang, Henan Province, and the jade maids unearthed in the tomb of Fu Hao in the Yin Ruins, we can observe the shape of up-clothing and down-skirt. The jacket is

tight with narrow sleeves, the lower part of the body is a long skirt wrapped around the legs, and the middle part is a belt. It is written in "Zhouyi" [1]: "The emperor, Yao, and Shun, drape their clothes and govern the world." It is the earliest historical material to record this form of clothing. The study of the "Book of Poems" [2] in the Western Han Dynasty (202 BC - 8 AD) records: "The upper part is clothes, the lower part is skirt. Up-clothing and down-skirt is one of the oldest and most basic clothing systems in China. This clothing system has been used and improved from primitive society to feudal society. "Interpretation of the Names of Clothing Items" explained: "The upper part of the clothes is called "YI" and is used to avoid the cold and heat. The lower part is called "SHANG" and is used to cover the private parts of the body". "YI" is generally "ao" and "ru", similar to coat and jacket. "SHANG" means skirt, similar to the shape of an apron. Therefore, Chinese clothes are collectively referred to as "Yishang". The length of "up-clothing" is generally knee-length, and the shape of "down-skirt" is divided into front and back. Tie at the waist with a cloth belt. There is little difference in the form of "up-clothing and down-skirt" of different classes and occupations, but the "up-clothing and down-skirt" forms and structural parts of the clothes are the same. The "up-clothing and down-skirt" have a history of thousands of years in ancient China. This costume has been handed down to the last feudal dynasty in China - the Qing Dynasty. According to the historical records available, Ao skirt is one of the most typical forms of "up-clothing and down-skirt". Ao means "up-clothing", which is divided into short Ao and long Ao accord-

ing to its length. "down-skirt" can be long or short. This form of clothing can be worn by both men and women. in the Ming Dynasty, short skirts were popular among men and long skirts were popular among women. In addition, the shape of "up-clothing and down-skirt" clothing will have different colors and

changes in shape according to different functional requirements, such as the sacrificial clothing used in the Ming Dynasty, which still affects the traditional clothing form of North Korea. For example, the ordinary clothes, raincoats and soldiers' clothes in the Qing Dynasty are different. As shown in fig. 1.



Fig. 1

The clothing form of Up and down integrated clothing appeared in the spring and autumn Warring States Period (770 BC—221 BC). For example, the bronze robe of Yanxiadu in the Warring States Period of Yixian County, Hebei Province, as shown in fig. 2, its shape is the shape of up-clothing and down-skirt stitched together. The clothing form of Up and down integrated clothing is similar to a dress. This form was called “clothes deeply hide the body ” in ancient China. The characteristic of this kind of clothing shape is that it can cover a larger area of the body. In the Han Dynasty. Replaced the “up-clothing and down-skirt” clothing form. This kind of clothing system is the true reflection of the ancient Chinese etiquette system, and it is also a tool for rulers to rule people,

regulating people's words and deeds and way of life through the clothing system.



Fig. 2

The shape and function of up-clothing and down-skirt and Up and down integrated clothing not only have the functions of keeping warm and cold, shielding the body, and decorating the image, but also pay attention to the comfort and adaptability of clothing. This form of clothing has the characteristics of loose, hypertrophic, and free. The sitting posture of sitting on the ground in ancient China has also undergone changes in different periods. During the Yin and Shang Dynasties, people's sitting posture was "squatting", "Sitting on the ground with legs outstretched", and kneeling. This loose clothing shape is very conducive to this posture. With the development of the etiquette and law system, the degree of civilization has increased. Because there are no pants to wrap the private parts, the posture of "squatting and sitting" and the type of clothing at the time can easily cause embarrassing situations, so this sitting posture was later abandoned. [4] At the same time as the clothing system of up-clothing and down-skirt and Up and down integrated clothing occurred, kneeling and sitting were the main forms of sitting posture, and the corresponding furniture was also mat-based. In the kneeling-based sitting posture, the clothing system of up-clothing and down-skirt and Up and down integrated clothing is adapted to it. The "shen clothing" in ancient China is a typical representative of the upper and lower integration of clothing. This type of clothing can keep the body hidden. Among the main forms of "shen clothes", the types of diagonal body wrapping and straight lapels in the Han Dynasty and "Zhu Zi" in the Song Dynasty are the most popular. As shown in fig. 3.

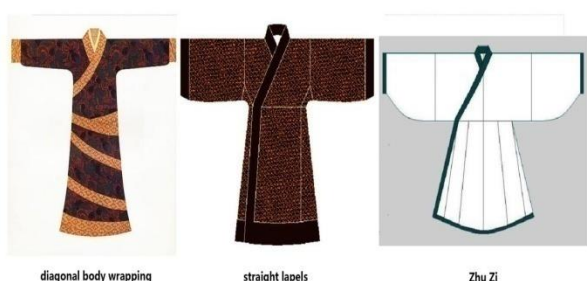


Fig. 3

Methods

This article draws on the empirical analysis of terracotta figurines, clothing and paintings that have appeared in the Chinese archaeological community. This paper cites a large number of literary sources and uses comparison and collation to demonstrate the mutual dependency between the changes in the formal characteristics of ancient Chinese clothing and the seating postures. This paper makes inferences based on historical facts from the main key points of the historical development of ancient Chinese clothing.

Results

In the late Eastern Han Dynasty of ancient China, Hu beds were also introduced to China from the Western regions. People's seating posture began to change from Kneel on the mat to bed-couch-centered one, and the variety and style of furniture also evolved from low-profile furniture to gradually higher furniture. "The Book of Han" [5] records: "When Emperor Wen of Han and Jia Yi discussed state affairs, they were still Kneel on the mat; during the period of the Wei, Jin, Southern and Northern Dynasties (220-580) in ancient China, the society was turbulent, and traditional rituals were greatly affected. At this time, Buddhism prevailed, metaphysics emerged, Taoism developed, and Persian and Greek culture flowed in. At the same time, high-end furniture such as chairs, stools, and piers appeared. [6] During the Wei, Jin, Southern and Northern Dynasties, two different ways of sitting on the mat and sitting on a chair appeared. Since the Western Jin Dynasty, the concept of etiquette of kneeling and sitting has gradually faded. Sun Wei painted "Gao Yi Tu", as shown in fig. 4, in the "Seven Literati in the Bamboo Forest", Shan Tao sat with his knees folded and one leg bent to sit on the mattress. This sitting posture of Shan Tao was more common among the literati at that time. The Clothes he wore were very similar to the characters in the "Northern Qi Correction Book and Picture Volume", as shown in fig. 5.



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

Wearing a silk-like coat, wearing a wide apron on the lower body, the apron is put on the shoulders through two ribbons. Yan Liben's "Portrait of Emperor Chen Wen", as shown in fig. 6, Emperor Chen Wen sits on the bed-couch, and his lower body is also wearing this kind of apron. has very little restraint on the sitting position, and it can cover the private parts enough, so this apron was very popular at the time. In the Northern and Southern Dynasties, the Chinese began to ac-

cept high-sitting furniture. After the changes of several dynasties, furniture with a high seat surface has gradually become the mainstream. Sit on the chair has gradually replaced the sitting posture of Kneel on the mat, and there have also been a variety of sitting styles with legs hanging naturally, or overlapping, or one leg bent and folded on the other leg.[7]

At the same time as the emergence of furniture with high seating surfaces, there have been corresponding changes in the shape of clothing. In ancient China, dressing has always been in the form of up-clothing and down-skirt clothing. It was not until the Wei, Jin, Southern and Northern Dynasties that there was economic and cultural exchanges and integration between the ethnic minorities in the north and the ethnic groups in the western regions and the Chinese Han nationality in ancient China. Therefore, the "pants" of nomadic ethnic minorities in other regions began to be introduced to China. The clothing of up-clothing and down-pants became the most important clothing for soldiers in the army during the SuiTang Dynasties. The traditional "up-clothing and down-skirt" clothing shape cannot adapt to the sitting posture of sitting on the chair used in furniture with high seating surfaces, because this clothing shape will cause the exposure of private parts and the body when sitting high, which is not in line with the requirements of ancient Chinese traditional etiquette. It is recorded in "Book of

Tang "Five XingZhi" [8] that during this period, this form of up-clothing and down-pants was very popular among men and women,

and there were even scenes of women traveling in men's clothing [9].



Fig. 7

"Interpretation of the Names of Clothing Items" [10] explains that pants have two legs that can be separated. In this way, it is distinguished from skirts. As shown in fig.7, up-clothing and down-pants was often worn by men in the Tang Dynasty. After the Tang Dynasty, the clothing forms of up-clothing and down-pants have been circulating, and they have been mixed with the clothing forms of Up and down integrated clothing. Women in the Tang Dynasty loved wide long skirts that could hang to the ground. They were called Ru-Qun in the Tang Dynasty of China. As shown in fig. 8, they wore short clothes with round necks or narrow sleeves with open necks on the upper body, and long skirts on the lower body. The height of the skirt lace was to the chest or above the chest, and they were worn with underwear. Tang Dynasty this kind of hypertrophic long skirt provided the body with free space for movement in the posture of sitting in a high seat, making the ancients more comfortable and relaxed in the chair.

Discussion

It is worth noting that the time studied in this article has a long history, and the actual clothing materials discovered by the archaeological community are limited, so inferences can only be made from the pottery figurines

unearthed from the tombs or handed down calligraphy and paintings. Since ancient China was a patriarchal social system, especially the costumes of emperors and nobles will become the styles that ordinary people imitate. In ancient Chinese feudal patriarchal society, women were the appendages of men, and their clothes were also formulated according to the class status of their husbands. Women's clothing also has no autonomy. For example, according to the regulations of the Tang Dynasty, women's clothing is customized according to the wishes of their husbands.[10] In addition, the persistence of tombs and the items stored in tombs are dominated by powerful male nobles. Therefore, when listing historical materials in this article, there are historical materials dominated by men. In this article, research on women's clothing before the Tang Dynasty in China is insufficient. However, from the perspective of China's large clothing shape evolution history and seat change history, from a macro perspective, their relationship is mutual influence and mutual adaptation. This article selects the big time nodes of the changes in ancient Chinese clothing forms, and thinks about the relationship between the changes in the characteristics of ancient Chinese clothing forms and the seats from the perspective of national integra-

tion, cultural exchanges, and changes in Chinese traditional etiquette that occurred at these time points. When discussing the relationship between the changes in the form characteristics of ancient Chinese clothing and the seats, this article expounds from the mutuality of the changes in the form characteristics of the seats and the clothes, rather than the one-way effect of the clothes on the seats or the seats on the clothes.

CONCLUSIONS

The changes in the shape and sitting posture of ancient Chinese clothing occurred in the context of the great political background of ancient Chinese traditional rituals and the opening up of foreign national culture. To this day, it still has a certain influence on Japanese kimonos, Korean hanbok, etc., and sitting posture. The transformation of ancient Chinese clothing from “up-clothing and down-skirt” to “Up and down integrated clothing” to “up-clothing and down-pants” and the changes in sitting posture from Sit on the mat, Kneel on the mat to sit on the chair affect each other, adapt to each other, and transform in concert. The “up-clothing and down-skirt” and “Up and down integrated clothing” clothing systems affect the sitting posture of Sit on the mat; the use of high-seat furniture in ancient China changed the sitting posture and posture changes, and promoted the change of clothing to a certain extent. The change of clothing shape. Ancient Chinese clothing sought physical freedom under the

constraints of etiquette and law, and sought a more scientific and reasonable form of national clothing in the integration of ethnic groups.

REFERENCES

1. *Zheng Xuan*. Zhouyi Zheng Note. Zhonghua Book Company, 1985.
2. *Mao Heng*. The Book of Songs. Zhonghua Book Company, 2018.
3. *Liu Xi*. Commercial Press, 1939.
4. *Shang Binghe*. A Study of Social Customs and Things in Past Dynasties, Volume 23. China Bookstore, 2001.
5. *Ban Gu*. Han Shu. Zhonghua Book Company, 2012.
6. *Hu Wenyan*. The influence of Buddhism on furniture in the Wei, Jin, Southern and Northern Dynasties // Journal of the Palace Museum. 1992. №2. C. 61...63.
7. *Cheng Yajuan*. From "Hou Ju" to "Que": A Study on the Influence of "Sit on the Ground" to "Sit with Feet Down" in Ancient China on the Form of Clothing // Decoration. 2015. №3. C. 78...80.
8. *Ouyang Xiu, Song Qi*. New Book of Tang. Zhonghua Book Company, 1975.
9. *Wang Shikui, Hu Bing*. From "Hou Ju" to "Que Xi": A Study of Ancient Chinese Clothing Forms // Journal of Guangxi Normal University for Nationalities. 2018. №4. C. 69...71.
10. *Fu Jun*. From "Hou Ju" to "Lack of Kua" – The Artistic Characteristics of Ru skirt Clothing in the Early Tang Dynasty. Hebei University, 2019.
11. *Bai Shouyi, Shi Nianhai*. General History of China. Volume VI. Shanghai People's Publishing House, 1989.

Рекомендована кафедрой промышленного дизайна РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 03.10.22.

БЛОБИТЕКТУРА КАК ИСТОЧНИК ВДОХНОВЕНИЯ ФЭШН-ДИЗАЙНА ЭПОХИ МЕТАМОДЕРНИЗМА

BLOBITECTURE AS A SOURCE OF INSPIRATION FOR FASHION DESIGN IN THE ERA OF METAMODERNISM

О.Ю. СЫСОЕВА, Л.В. ЕГОРОВА, Е.С. МАКАРОВА

O.UY. SYSOEVA, L.V. EGOROVA, E.S. MAKAROVA

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

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

E-mail: olgasyssoeva@bk.ru; Laegorova@yandex.ru; evgeniya_makarova_1996@mail.ru.

Темой данного исследования являются макротенденции фэшн-дизайна конца XX – начала XXI века, выявленные через призму направления архитектурной эстетики блобитектура. В статье сформулированы общие тенденции развития, новейшие эстетические принципы, связанные с экспериментами в области формообразования.

Хронологические рамки исследования очерчены архитектурной тенденцией, начиная с 1995 до 2022 года. Фокус исследования находится в таких странах Западной Европы, как Великобритания и Испания, а также в восточной части Закавказья – Азербайджане и в Восточной Азии – в Японии. В объективе исследования – историко-культурный контекст, ставший фоном для зарождения каплевидных форм как в мировой архитектуре, так и фэшн-дизайне. Предметом исследования явились коллекции таких модных домов, как Yasutoshi Ezumi, Milly, United Nude, Louis Vuitton, Paco Rabanne, AZ Factory, Alexander McQueen, Iris Wan Harpen, Noir Kei Ninomiya, исследуемые через призму архитектурных объектов: Френка Гэри, Захи Хадид и Яна Каплицкого. Источниками для исследования стали интервью, научные публикации, критические статьи и монографии, проливающие свет на последние тенденции.

The subject of this study is the fashion design macro-trends of the late 20th - early 21st century, identified through the prism of the architectural aesthetics of blobitectura. The general development trends, the latest aesthetic principles, associated with experiments in the field of shaping, are formulated in this article.

The chronological scope of the study is outlined by the architectural trend, from 1995 to 2022. The focus of the study is on such countries of Western Europe as Great Britain and Spain, in the eastern part of the Transcaucasia as Azerbaijan and in East Asia as Japan.

The lens of the study is the historical and cultural context, which has become the background for the emergence of teardrop-shaped forms, both in world architecture and fashion design.

The subject of the study was the collections of such fashion houses as Yasutoshi Ezumi, Milly, United Nude, Louis Vuitton, Paco Rabanne, AZ Factory, Alexander McQueen, Iris Wan Harpen, Noir Kei Ninomiya, studied through the prism of architectural objects: Frank Gary, Zaha Hadid and Jan Kaplitsky.

Sources for the study were interviews, scientific publications, critical articles and monographs that shed light on recent trends.

Ключевые слова: блоб, блобитектура, блобизм, мода, фэшн-дизайн, метамодернизм.

Keywords: blob, blobitecture, blobism, fashion, fashion design, metamodernism.

Фэшн-дизайн, тонко чувствуя тенденции в формообразовании архитектурных объектов, проецирует на себя форму архитектурной мысли. Так, весь двадцатый век все прогрессивное человечество было озабочено переосмыслением себя в глобальном межпланетном пространстве, импульсом к которому стали геополитические события, разрушающие границы между закрытыми государствами: падение Берлинской стены, распад СССР, а также научные открытия, расширяющие представления человека о Вселенной и космическом пространстве.

В 1980-х было сделано огромное количество научных открытий, связанных с космосом. Именно в это десятилетие прошел первый полет многоцветного космического корабля «Колумбия» (1981), первая долговременная экспедиция станции «Салют-7», длившаяся 106 дней в 1982 году, в 1985-м Япония начинает набор в собственный отряд космонавтов, в 1986-м на орбиту выводится базовый модуль орбитальной станции «Мир», и это далеко не все открытия, связанные с космосом за этот период [1].

Кроме того, уже в 1922 году советским физиком, основоположником современной физической космологии Александром Фридманом, была сформулирована теория «Большого взрыва», предположительно ставшего началом образования Вселенной. Согласно этой теории до появления нашей галактики было только первичное вещество, которое после взрыва превратилось во Вселенную со звездами и планетами. Эта теория многократно дополнялась учеными: Герман Клаус Гуго Вейль, физик-теоретик, 1923 г., Карл Вильгельм Виртц, астроном, 1924 г., Эдвин Пауэлл Хаббл, астроном, 1929 г., Георгий Антонович Гамов, физик-теоретик, 1948 г., Тигран Шамонов, радиоастроном, 1955 г., Арно Аллан Пензиас и Роберт Вудро Уилсон,

радиоастрономы, 1964 г., но оставалась основной до конца XX века.

В конце XX века поддержку научного сообщества получила новейшая теория американского физика, преподавателя Стенфордского университета, члена академии наук США Леонарда Сасскинда, согласно которой голографическая структура Вселенной является трехмерным пространством и все, что мы наблюдаем в нашей повседневной жизни, есть не более чем тщательно выстроенные иллюзии.

Научный труд другого американского физика, лауреата Филдсовской премии 1990 г. Эдварда Виттена, сформулированный как «теория струн», выдвинул гипотезу того, что наш мир – не более чем скопление бесконечного количества «струн», взаимодействующих друг с другом, а Вселенная состоит не из четырех измерений, а из одиннадцати.

Все эти важные события XX века побудили человека новейшего времени переосмыслить свои представления о мире, расширяя их, как это уже случалось ранее, когда Николай Коперник, Альберт Эйнштейн, Леонардо да Винчи, Сальвадор Дали и другие великие умы человечества трансформировали базовые представления человека о мире, подвергая сомнению сущность привычного для человека архитектурного пространства.

Таким образом, сформулированные в конце XX в. и начале XXI теории – голографическая теория и теория струн – подвергли сомнению сформировавшийся привычный образ дома, а архитекторы и художники начали свои эксперименты с пространством и формой.

Похожие процессы происходили в 1960-х годах, когда освоение космоса отразилось на идеологической составляющей архитектуры, способствуя появлению в разных городах зданий в футуристической стилистике.

В культовых платьях из пластиковых элементов с металлическим блеском Пако Рабан читался образ покорительницы космоса. Этот же образ цитировала известная фотография Ричарда Аведона на обложке апрельского номера 1965 года *Harper's Bazaar*, когда фотомодель позировала в скафандре и розовом «космошлеме».

А в Санкт-Петербурге в 1968 году авторский коллектив под руководством Сперанского С.Б. работал над проектом здания в форме ракеты – НИИ кибернетики и робототехники. В этом же порыве в 1970 году в Ленинградской области был реализован в качестве детского лагеря проект Хидекеля Л.М., изначально разрабатываемый как лунная научная станция.

Подобно архитекторам футуристических зданий, в мире моды эстетику космоса сформировали Пьер Карден, Андре Курреж и Пако Рабан. Так, например, вся коллекция Пьера Кардена с говорящим названием «*Cosmocorps*» – Космический корпус (1963–1964) – была пронизана мотивами космоса. Художники всего мира стремились отразить новейшие нарративы космической эры, вырабатывая эстетику плавности линий, применяя белый цвет и металл, напоминающий фактуры скафандров.

Наиболее чувствительный к глобальным факторам вид искусства – архитектура – уже к концу XX века стала изменяться, приобретая все более мобильные, динамичные и биоморфные формы, задействуя все более гибкие и подвижные биологические экоструктуры. Как отметил еще в начале XX века в своей книге «Круг тотальной архитектуры» один из основателей Баухауса Вальтер Гропиус, «архитектура не кончается – она лишь непрерывно меняется» [2].

Важный скачок в технологии проектирования и возведении архитектурных объектов нелинейных форм произошел в 2008 г. В этот год был опубликован «Манифест параметризма» Патрика Шумахера, директора архитектурной студии *Zaha Hadid Architects*: «Стиль родился от цифровых методов анимации. Его последние разработки основаны на передовых пара-

метрических дизайнерских системах и скриптовых методах. Он следует за модернизмом как новая длинная волна систематических инноваций. Стиль закрывает, наконец, переходный период неуверенности, которая была порождена кризисом модернизма» [3].

Именно параметризм обеспечил появление архитектурных объектов новейших форм и конструкций. В частности, благодаря параметризму, столь любимому Захой Хадид и Патриком Шумахером, начали активно использоваться сетчатые оболочки, а также стало возможно создавать здания органичной формы, бесколонные пространства с большими пролетами. Инновационные пространственно-стержневые конструкции, черпающие вдохновение в двойном искривлении общей формы, обеспечили возможность неограниченной свободы в работе с пространством архитекторам и инженерам-строителям.

До последнего периода шедевром исторической архитектуры считалась философская архитектура Древнего Рима, великим образцом которой является выдающийся памятник архитектуры – Храм всех богов – Пантеон, построенный в I в. н. э. Решение конструктивных и художественных задач по созданию крупнейшего большепролетного купольного пространства этого великолепного сооружения всегда вызывало восторг и восхищение профессионального сообщества всего мира. Теперь же благодаря появлению систем параметрического моделирования открылись возможности создания новейших шедевров архитектуры.

Таким образом, в XXI век архитектура вошла с богатейшим арсеналом технологий, позволяющим не просто формально передавать внешнее сходство с тем или иным природным объектом, как это происходило ранее, например в XX веке, но затрагивать самую суть проектирования всего пространства, фактически превращая новые здания в живые организмы.

Появление новейших технологий совпало с утверждением новой эстетической концепции метамодернизма, авторами которой стали Люк Тернер, современный английский фотограф, Робин ван ден Аккер,

голландский философ и культуролог, и Тимотеус Вермулен, искусствовед, занимающийся изучением современной эстетики и искусства, призывающие позитивно переоценивать предшествующие опыты.

Содержание архитектурной деятельности в течение всего нового времени было непосредственно связано с глубинными метаморфозами и перестраивалось по образцу предметов естественнонаучного знания, то есть посредством объектных идеализаций, характерных для них.

Преобразовательные стремления века рационализма существенно повлияли на формообразование проектов, формируя проектирование в архитектуре и как интенциональную конструкцию, стремящуюся к самосознанию и даже обособлению, и как служебную процедуру, все более востребованную в изменяющихся социально-производственных и организационных условиях.

Искусствовед Келли Гровье в своей книге «Искусство с 1989 года» описывает стремление человека к переоценке своего места в мире как необходимый импульс для развития общества. «Среди черт, хронологически определяющих человеческий прогресс, действительно есть место бесконечной модификации понимания человечеством своего места в тотальности создания – того, какую роль оно играет во Вселенной» [4].

Так, архитектура, приобретая игривые формы, стала достаточно серьезно вовлекаться в глубокие социальные процессы, способствуя осознанию человеком новейшего времени своего места не столько в рамках строения или города, сколько в рамках уже межгалактического пространства.

Одним из самых молодых и перспективных направлений в архитектуре метамодернизма становится блобитектура. Впервые это уникальное явление в архитектуре заметил в 1995 году идеолог блоб движения Грег Линн, профессор архитектуры Венского университета прикладного искусства, и сам активно включился в творческий процесс создания новаторской архитектуры.

Название этого архитектурного стиля в 2004 году узаконил в своем уникальном исследовании «Блобитектура» архитектурный критик Джон Уотерс, именно он дал движению название, используя английское слово Blob (капля). В его интерпретации блобитектура – это архитектура текучих нелинейных форм каплевидной природы, напоминающая некую оплывающую, видоизменяющуюся, как бы тающую массу упругих изогнутых поверхностей.

Мировое архитектурное сообщество приняло этот термин, согласившись с имеющимся определением, но доработав его: блобитектура – это нечто ранее неизвестное, нечто видоизменяющееся, перетекающее и движущееся, определенно органического происхождения.

С этого момента многие прогрессивные архитекторы начинают создавать уникальные, яркие и запоминающиеся своей индивидуальной образностью сооружения в стиле блобитектуры.



Рис. 1

Одним из объектов блобитектуры в архитектуре можно назвать Музей Гуггенхайма (рис. 1) в Бильбао, 1997 года постройки, авторства Фрэнка Гери, одного из крупнейших архитекторов современности. Несмотря на то, что его часто считают архитектором, стоявшим у истоков деконструктивизма, он настолько велик и масштабен, что его творческий гений смог охватить широкий ряд архитектурных стилей, включая блобитектуру. В его объектах часто бывает действительно трудно, если не невозможно, найти прямую линию или ровную плоскость.

Именно работы этого архитектора вдохновили токийского фэшн-дизайнера

Ясутоши Эзуми на оммажи своему кумиру (рис. 2 – коллекции SS 2016 г. Ясутоши Эзуми). Начиная с 2010 года, с момента основания своего модного дома, он часто упоминает имя Фрэнка Гери. Конструктивные элементы здания Музея Гуггенхайма в Бильбао реплицируются со складками платья, а сложносочиненные драпировки формально близки к изгибам входной группы: прямые линии все больше изгибаются, а плоские бетонные плиты все чаще принимают удивительные выпуклые формы.



Рис. 2

Фактуры выбранных для коллекции материалов напоминают матовость металлических патинированных пластин и сухость камня. И в графике линий коллекции читается плавность и мягкость.

Кроме того, саундтреком к этому дефиле стали записи интервью Фрэнка Гери. По словам дизайнера, этот художественный прием стал результатом исследования: «Я смотрел документальный фильм «Эскиз Фрэнка Гери», – говорит Эзуми. – Он действительно свободно создавал структуры моделей бумажной архитектуры; это было так же, как модная драпировка, поэтому я сделал тот же дизайн для коллекции» [5].

Как и проекты Фрэнка Гери, многие проекты Захи Хадид становились источником вдохновения. Так, например, американский дизайнер женской одежды Мишель Смит в коллекции весна-лето 2016 года своего модного дома Milly находит вдохновение в работах этого архитектора: «В работах Хадид есть что-то завораживающее. Эта архитектура связана с прогрессом, но также с органикой, сексуальностью. В ее зданиях есть чистая и скульп-

турная текучесть, которая отражает то, как работаю я», – говорит Мишель Смит [6].

Используемая в вышеупомянутой коллекции тяжелая хлопчатобумажная ткань – поплин – формирует скульптурную форму рукава платья, напоминая плавные линии каменных фалд Культурного центра Гейдара Алиева, созданного Захой Хадид в Баку в 2013 году (рис. 3).



Рис. 3

Этот шедевр органической формы разработан именно при помощи новейших параметрических технологий. Общей любовью архитектора и дизайнера является любовь к белому цвету, что отчетливо видно в коллекции модного дома Milly (рис. 4 – SS 2016 года Мишель Смит).

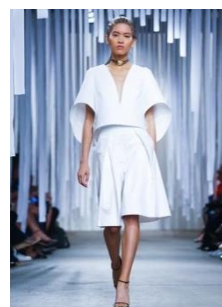


Рис. 4

Особым признаком эпохи метамодернизма становится опыт коллабораций архитекторов с модными домами: архитекторы интегрируются не только в процесс создания одежды, но и в производство аксессуаров – обуви, сумок и даже украшений. Так, например, в 2013 году Заха Хадид совместно с компанией United Nude выпускает модель обуви (рис. 5), которая полностью дублирует созданный ею же годом ранее шедевр архитектуры метамодер-

дернизма – торгово-развлекательный комплекс Galaxy Soho (рис. 6), построенный в Пекине в 2012 году, состоящий из пяти округлых частей, плавно перетекающих друг в друга.



Рис. 5



Рис. 6

Главной философией архитектурного объекта стало превращение металлической фактуры в визуальную жидкость: наслаивающаяся текстура металла объектов будто создает пузыри. Такой фактурный эксперимент напоминает сюрреалистичную игру Сальвадора Дали со стекающими часами.

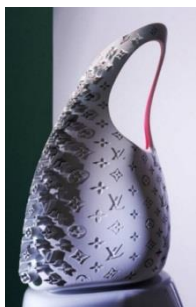


Рис. 7

Кстати, характерный почерк плавных и обтекаемых объемов архитектуры Захи Хадид читается в форме дизайна сумки, разработанной ею в 2006 году в рамках со-

трудничества с модным домом Louis Vuitton. Мы отчетливо видим визуальные коды блобтектуры, связывающие ее объекты и разработанную ею модель сумки «Isone Bag» (рис. 7), – текучие нелинейные формы каплевидной природы, напоминающие тающую массу упругих изогнутых поверхностей.

Но архитектура метамодернизма имеет и обратное взаимодействие: архитекторы создают свои объекты в стиле блобтектуры, вдохновляясь творениями фэшн-дизайнеров. Так, например, архитектор Ян Каплицкий в 2003 году спроектировал универмаг, расположенный в Бирменгеме, принадлежащий сети универмагов Selfridge's (рис. 8), вдохновившись знаменитым платьем Пако Рабана из его первой коллекции 1966 года (рис. 9).



Рис. 8

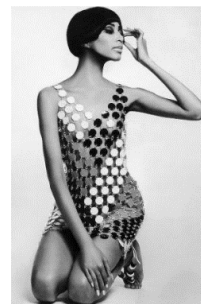


Рис. 9

Кажется, будто круглые и блестящие элементы с платья Пако Рабана коллекции с говорящим названием «12 unwearable dresses in contemporary materials» («12 не носибельных платьев») стали не просто источником вдохновения, а трансформировались в металлическую плитку, которой облицован фасад универмага. Алюминиевая мозаика, выложенная «тонкими,

блестящими кругами, такими, как чешуя змеи или блески платья Пако Рабана», говорит о пристрастии архитектора к искусству моды. Как впоследствии говорил сам Ян Каплицкий: «Многие архитекторы боятся попасть под влияние моды, но неосознанно впитывают ее. Мода слишком влиятельна, и она всегда в поиске новых форм и материалов. Это как раз то, чего не хватает традиционным архитектурным подходам» [6].

Фэшн-дизайнеры первой четверти XXI века интуитивно подхватывают идеи блотитектуры, они интегрируют текущие нелинейные формы в свое творчество, превращая их в коммутативный язык. Развивая экспериментальные методы, они ломают привычные пропорции золотого сечения, которые столетиями являлись эталоном визуальной формы.

Мы однозначно читаем стилистику блотитектуры в обтекаемых платьях-сферах японского дизайнера моды Кей Ниномия, созданных для сезонной коллекции – весна-лето 2022 модного дома Noig Kei Ninomiya (рис. 10). Практическое отсутствие прямых линий, каплевидные формы платьев, напоминающие танец изогнутых поверхностей, – все это соответствует идейной концепции блотитектуры.



Рис. 10

Особого внимания заслуживает колорит коллекции: оттенок ivory – любимый оттенок архитекторов, работающих в направлении блотитектуры. Именно этот оттенок мы читаем в обложке центра Гейдара Алиева, созданного Захой Хадид.

Коллекции британского дизайнера Ирис Ван Херпер (Iris Wan Herpen) тесно связаны с направлением блотитектуры:

эксперименты дизайнера с формами и текстурами находятся в области работы с обтекаемой гибкой органической формой, наглядным примером которой становится коллекция сезона осень-зима 2021 (рис. 11).

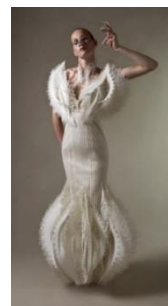


Рис. 11

Особого внимания заслуживает коллекция великого Альбера Эльбаза, созданная им для своего модного дома «AZ Factory». Так, на подиуме сезона весна-лето 2022 были продемонстрированы шарообразные платья обтекаемой формы (рис. 12), реплицирующие с эстетической концепцией блотитектуры. Особое значение в коллекции отводится белому цвету: объемные платья будто светятся и парят, напоминая воздушность объектов Захи Хадид.



Рис. 12

Также и дизайнер модного дома Alexander McQueen Сара Бертон продолжает начатые Александром МакКуином эксперименты в области органической формы. В коллекции модного дома Alexander McQueen весна-лето 2022 (рис. 13) мы видим характерные для блотитектуры матовые фактуры и округлые линии, а также мягкие складки и холодные металлические детали. Все это отсылает

нас к белоснежному фасаду зданий и металлической отделке в архитектурном стиле бловитектуры.



Рис. 13

Выражением образа мысли человека новейшего времени становится текучесть нелинейных форм каплевидной природы, напоминающая некую оплывающую, видоизменяющуюся, как бы тающую массу упругих изогнутых поверхностей. И именно эта форма трансформируется в знаковый силуэт костюма начала XXI века, создавая визуальный образ человека метамодернизма: «...становится заметной некая эстетика геологии, которая принимает архитектурную форму. Все это также связано с современной чувственностью – в ней отражаются проблемы климатических изменений...» [7].

Как описал процесс теоретического обоснования метамодернизма Люк Тернер, объясняющий корреляцию научных открытий с художественной выразительностью новейших стилистических направлений: «Так же, как наука стремится к поэтической элегантности, художники могли бы взять на себя поиски истины. Вся информация является основанием для знания, будь оно эмпирическим или афористичным, безотносительно его истинности. Нам следует принять научно-поэтический синтез и осведомленную наивность магического реализма» [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Семерякова Д.М., Сысоева О.Ю. Мода и космос: неофутуризм 1980-х // Наука и инновации – современные концепции: сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. М., 2020. С. 150...174.
2. Гропиус В. Круг тотальной архитектуры; перевод А.С. Пинскер. М.: Ад Маргинем Пресс, 2017. 120 с.
3. https://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism_Russian%20text.html
4. Гровье К. Искусство с 1989 года: монография / под ред. Е. Васильева. М.: Ад Маргинем Пресс, 2019. С. 45...46.
5. <https://www.architecturaldigest.in/content/7-fashion-designers-inspired-by-architecture> (дата обращения: 14.11.2021).
6. <https://design-mate.ru/read/an-experience/fashion-and-architecture>
7. <https://metamodernizm.ru/notes-on-metamodernism/> (дата обращения: 05.11.2021)
8. <http://contemporary-artists.ru/metamodernist-manifesto.html>

REFERENCES

1. Semeryakova D.M., Sysoeva O.Yu. Fashion and space: neo-futurism of the 1980 s. // Science and innovation – modern concepts: Collection of scientific articles on the results of the work of the International Scientific Forum. Moscow, 2020. P. 150...174.
2. Gropius V. Circle of total; translation by A.S. Pinsker M.: Hell Marginem Press, 2017. 120 p.
3. https://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism_Russian%20text.html
4. Grovier K. Art since 1989: monograph / ed. E. Vasilyeva. Moscow: Ad Marginem Press, 2019. P. 45...46.
5. <https://www.architecturaldigest.in/content/7-fashion-designers-inspired-by-architecture> (Accessed: 14.11.2021)
6. <https://design-mate.ru/read/an-experience/fashion-and-architecture>
7. <https://metamodernizm.ru/notes-on-metamodernism/> (date of access: 11.05.2021)
8. <http://contemporary-artists.ru/metamodernist-manifesto.html>

Рекомендована кафедрой дизайна костюма РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 21.02.23.

**НЕЙРОМАРКЕТИНГОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ОДЕЖДЫ НАРОДОВ КРЫМА**

**NEUROMARKETING STUDY
OF THE EMOTIONAL PERCEPTION OF THE CRIMEA PEOPLES CLOTHING**

О.Б. ЯРОШ, З.А. ЖАВОРОНKOVA

O.B. YAROSH, Z.A. ZHAVORONKOVA

(Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского)

(V.I. Vernadsky Crimean Federal University)

E-mail: iarosh.olga@gmail.com, zina-zhavor@mail.ru

Данная работа посвящена особенностям эмоционального восприятия национальных костюмов народов, проживающих в многонациональном регионе – Крыму. Впервые на основе комбинированного применения методов нейромаркетинга и маркетинга осуществлена оценка эмоционального восприятия национальной одежды представителей разных национальностей. Результаты данного исследования могут быть полезны как при дальнейшей разработке вариантов сувенирной одежды для туристов, так и при разработке этнических образов при формировании автохтонных брендов отдельных районов с местами компактного проживания коренных народов, населяющих Крым.

This work is devoted to the peculiarities of the emotional perception of the national costumes of the peoples living in the multinational region – Crimea. For the first time, an assessment of the emotional perception of national clothing of representatives of different nationalities, based on the combined application of neuromarketing and marketing methods, was carried out. The results of this study can be useful in the further development of souvenir clothing options, both for tourists and for the development of ethnic images in the formation of autochthonous brands of certain areas with places of compact residence of indigenous peoples inhabiting the Crimea.

Ключевые слова: нейромаркетинг, текстиль, одежда, национальный костюм, эмоции.

Keywords: neuromarketing, textiles, clothing, national costume, emotions.

Введение

Современные тенденции моды и дизайна сменяются крайне интенсивно, а потребители, не успев в должной мере использовать приобретенный элемент гардероба, вынуждены приобретать новый, чтобы оставаться «в тренде» [1, 2]. Однако существуют своего рода универсальные версии дизайна, и их примером является национальная одежда. Производство или ис-

пользование ее элементов предназначено не для повседневного использования, но варианты данных костюмов либо их элементов интересны, прежде всего, для туристов, посещающих Крым, в качестве местной сувенирной продукции.

Идея использования этнического костюма при создании современной одежды не нова. Уже начиная со второй половины XX века народный костюм, его покррой,

орнамент, цветовые сочетания широко использовались модельерами при проектировании одежды [3, 4]. Однако обнаружить универсальные орнаменты, подходящие под национальные особенности нескольких народов, крайне затруднительно, что ведет к значительному сокращению целевой аудитории модельеров, а применение ручной вышивки также добавляет и стоимости к одежде. Поэтому целевой сегмент, реально приобретающий данные товары, является крайне узким. Это связано с тем, что далеко не все элементы народных костюмов будут привлекательны для современного потребителя, поскольку они достаточно тяжелы в повседневном восприятии. Однако их использование в качестве сувенирной продукции очень актуально и позволяет значительно расширить целевой потребительский сегмент.

Изучение основных направлений научных работ, направленных на изучение национальной одежды народов России и стран СНГ, позволяет выделить 109 работ, представленных в наукометрической базе данных РИНЦ (рис. 1 – блок-схема отбора

публикаций). Из них применительно к продвижению элементов национальной одежды современному потребителю релевантными являются всего 40 работ. На рис. 1 показан механизм скрининга данных публикаций из общей выборки. Выбор релевантных теме публикаций для их дальнейшего анализа осуществлен по следующему алгоритму:

1) в поисковом запросе по базе данных РИНЦ задан параметр поиска научных работ с указанием ключевого тега «национальная одежда» при помощи применения расширенного фильтра библиотеки;

2) на этапе отбора исключены труды, не относящиеся к категории статей, такие, как материалы конференций, отчетов;

3) при определении релевантных теме научных статей произведен критический анализ каждой работы;

4) полученная выборка составила 40 статей, из которых затем извлечены метаданные в виде ключевых слов.

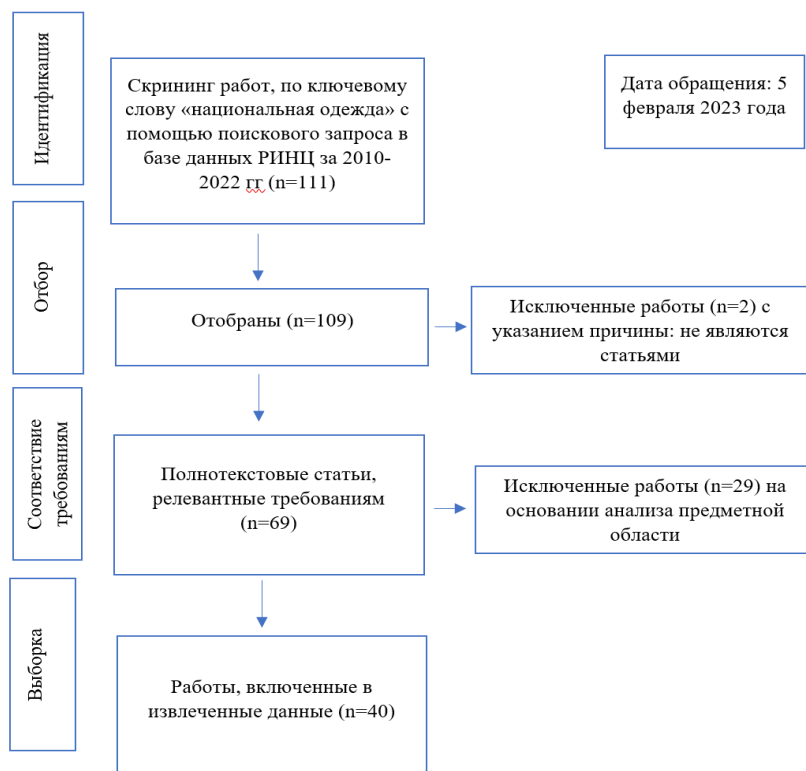


Рис. 1

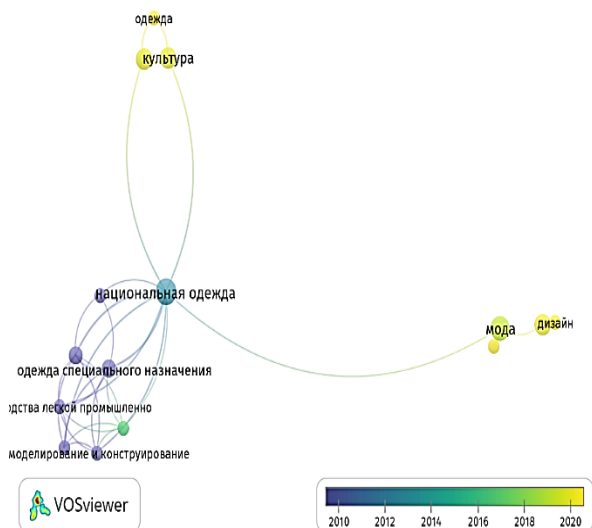


Рис. 2

Облако тегов, представленное 169 ключевыми словами, позволило выделить тематические кластеры, отображающие основные направления исследований. Их размер и связи прямо пропорциональны частоте появления в изучаемых научных трудах соответствующих ключевых слов. На основе графовой кластеризации этих данных в программе VOSviewer (рис. 2 – эволюция исследовательских направлений, посвященных национальной одежде, по данным базы РИНЦ) выделены значимые наборы сетевых данных в виде узлов (ключевых слов), извлеченных из статей, и ребер (связей) между ними.

Библиографический анализ извлеченных данных показывает, что работы, связанные с изучением способов продвижения отдельных народных костюмов с точки зрения современных тенденций в сфере моды, проводились в основном в период с 2018 до 2020 г. Работы, посвященные изучению национальной одежды, в основном направлены либо на применение элементов национальных костюмов в современном дизайне, либо на моделирование специализированной одежды. Так, более ранние работы, датируемые 2010-2012 гг., направлены не на рядового потребителя, а на создание специализированных этнических костюмов для работников культуры. Можно выделить ряд исследований, посвященных конструированию подобной одежды с элементами национального тек-

стиля. Работы, посвященные потребителю восприятию элементов национальной одежды, встречаются в литературных источниках крайне редко, несмотря на то, что значительный научный интерес представляет анализ восприятия элементов национального текстиля потребителями, а также определение степени привлекательности подобной одежды. Данную проблематику можно решить при помощи изучения эмоционального восприятия этнических костюмов потребителями, что в свою очередь позволит понять их привлекательность с точки зрения современного человека. Применение нейромаркетинговых методов исследования восприятия этнического текстиля позволит выявить те самые «якоря», которые непосредственно и являются привлекательными для целевой аудитории.

Целью данной работы является анализ эмоционального восприятия национальной одежды народов Крыма на основе методов нейромаркетинга, что предопределило постановку и решение следующих задач:

1. Определение особенностей эмоционального восприятия потребителем национальной одежды народов, проживающих в Крыму.

2. Выявление наиболее привлекательных для потребителей этнических костюмов.

Результаты данного исследования могут быть полезны при проектировании дизайна этнической одежды, которая продается в туристическом регионе в качестве сувенирной продукции.

Методы исследования

Использование нейромаркетинговых методов исследования осуществлено в рамках контролируемого лабораторного эксперимента по изучению эмоциональных состояний испытуемых на основе программного классификатора эмоций EmoDetect 3.2.4. В исследовании приняли участие 16 человек с равномерным гендерным распределением, квотирования участников по национальностям не было. Испытуемые были в возрасте от 18 до 25 лет. Участники эксперимента являлись здоровыми добровольцами, жителями Крыма, подписавшими форму информированного согласия для

участия в эксперименте. Отобранные респонденты, по данным предварительного скрининга, относились к группе активных покупателей сувенирной этнической одежды, что определило достоверность полученных результатов. Следует отметить, что для проведения этого вида исследования данная выборка является репрезентативной, что подтверждается теорией общения К.Д. Мортенсена [7]. Массив обработанных данных составил порядка 9000 измерений, записанных камерой высокого разрешения Logitech C 920 с частотой дискретизации 60 Hz и разрешением 1920x1080, что позволило идентифицировать микровыражения до 30 кадров в секунду. Стимульный материал был представлен в виде сменяющихся изображений национальной одежды народов Крыма с интервалом в 15 секунд.

Полученные биометрические данные обработаны с использованием статистических методов, реализованных в программе SPSS 23.0, собственных алгоритмов и расчетов на языке программирования Python.

Результаты исследования

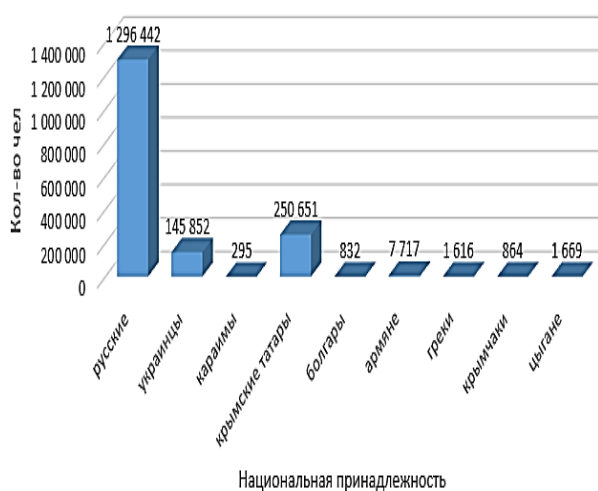


Рис. 3

Национальный состав Крыма крайне разнообразен, что в свою очередь определяет значительную разновидность национальной одежды. Так, согласно Всероссийской переписи населения за 2020 г. Крым населяют порядка 130 национальностей, среди которых преобладающими яв-

ляются русские, крымские татары и украинцы [5] (рис. 3 – национальный состав Крыма в 2020 г.).

Состав населения полуострова смешанный полиэтнический. Рассмотренные группы населения расселены по территории полуострова неравномерно, и преобладание того или иного этноса в конкретной местности определяет зачастую ее культурные приоритеты. Представители таких национальностей, как крымские татары, греки, украинцы, крымчаки и цыгане, в абсолютном большинстве проживают в сельской местности Крыма и, как правило, образуют поселения со своими традициями и обычаями.

Изучение этнических костюмов представителей разных национальностей реализовано в рамках этнографического подхода. Так, изучаемая одежда датировалась началом XX века. Это объясняется тем, что данный период представлял собой эталонный период становления национального костюма, поскольку в это время большая часть миграционных движений населения закончилась и завершился процесс формирования многих средних и крупных этнически разнообразных поселений, которые затем с течением времени укрупнились.

Оценка современного эмоционального восприятия этнических костюмов позволяет выявить наиболее востребованные образы для дальнейшего их использования при брендировании отдельных районов и создании сувенирной этнической продукции.

В качестве стимульного материала в лабораторном нейромаркетинговом эксперименте демонстрировались 9 национальных костюмов представителей разных народов, населяющих Крым в начале XX века. Используемые изображения взяты с интерактивной выставки «Народы Крыма», демонстрируемой в этнографическом музее г. Симферополя [6] (рис. 4 – национальная одежда народов Крыма). Все изображения были подобраны в едином стиле во избежание переключения внимания аудитории с этнической одежды к фону.

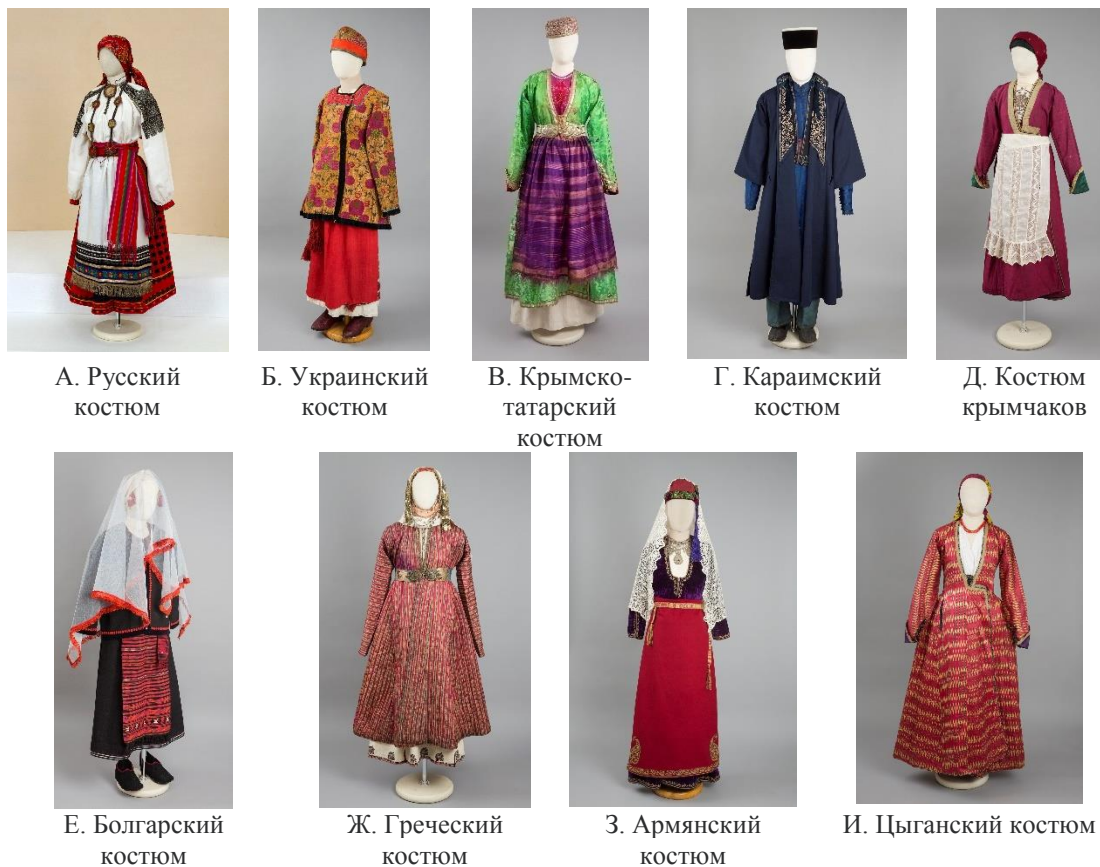


Рис. 4

Эмоциональные состояния испытуемых оценивались на основе экспериментального изучения действий мышц лица с применением технологии (FACS), предложенной П. Экманом [8, 9]. Она является основой программного алгоритма обработки и двумерной классификации микровыражений лица на основе данных, получаемых с веб-камеры и обрабатываемых в программе EmoDetect 3.2.4. Данный метод дает возможность осуществить классификацию 6 эмоций с помощью алгоритма Виолы-Джонса, позволяющего распознавать эмоции в режиме реального времени. При просмотре стимульного материала оценивались микро- и макровыражения лиц респондентов, затем осуществлялась последовательная их классификация и декодирование данных.

Анализ биометрических данных, полученных в результате эксперимента, позволил провести градацию национальных костюмов народов Крыма согласно их визуальной привлекательности по гендерному признаку. Мужчины и женщины в зависимости от представленного материала вос-

принимают стимулы совершенно по-разному. Следует отметить, что мужчины гораздо в большей степени испытывали эмоцию счастья, нежели женщины, в то время как женская аудитория чаще испытывала удивление. Данная тенденция может быть связана со спецификой восприятия текстильных изделий в зависимости от гендерного признака, поскольку женщины в большей мере интересуются актуальными тенденциями моды и, наблюдая за нарядами XX века, испытывают диссонанс в отношении возможного применения подобных нарядов в повседневной жизни.

Наиболее точно испытуемые смогли идентифицировать принадлежность к национальному стилю русского этнического костюма, однако часть респондентов все же отнесла его к украинскому стилю одежды. Стоит также отметить, что мужчины в большей мере испытывали положительные эмоции в отношении русского костюма, нежели женщины (35,9% и 17,31% соответственно), в то время как женская аудитория больше, чем мужская, испытывала смешанные эмоции неприятия

и удивления (20,03% и 11,04%; 22,68% и 16,09% соответственно), возможно воспринимая его как устаревший дизайн одежды.

Наиболее привлекательными нарядами для современной потребительской аудитории с точки зрения превалирования положительных эмоций в среднем у мужчин и женщин оказались армянский костюм (35,48%) и болгарский костюм (35,26%). Стоит отметить некоторую схожесть цветовой гаммы и используемых элементов. Более того, при опросе испытуемые указывали, что головная накидка этих этнических костюмов очень схожа с фатином в одном случае и с кружевом в другом, которые как в 2021 году, так и в 2022 находились на пике популярности у покупателей одежды. Таким образом, образовавшийся ассоциативный ряд с актуальными тенденциями вызвал положительные эмоции у испытуемых.

Рассматривая усредненные периодограммы положительных эмоциональных состояний респондентов, следует отметить резкий всплеск счастья и удивления именно в начале просмотра элементов национальной одежды, что свидетельствует о появлении некоторых ассоциативных рядов одежды с привычными для современ-

ного человека образами (рис. 5 – усредненная периодограмма эмоции счастья). В данном случае данные периодограммы демонстрируют динамику изменения конкретного эмоционального состояния на протяжении просмотра стимульного материала. В качестве частоты используется временная шкала в миллисекундах.

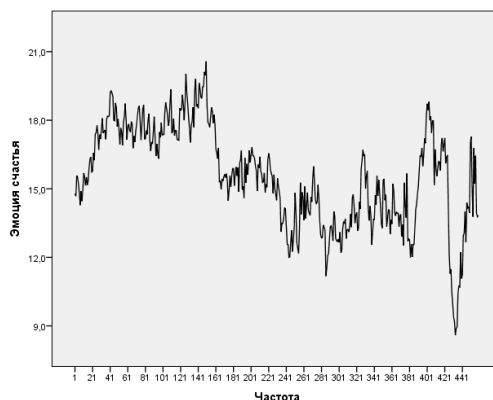


Рис. 5

Однако положительные эмоции, в частности эмоция счастья, имеют тенденцию к снижению в процессе рассмотрения одежды испытуемыми. Вместе с этим наблюдается постепенный рост возникновения негативных эмоций.

Таблица 1

Национальная одежда	Результаты инструментального распознавания вероятности возникновения эмоций по системе FACS (Em_i), %						Вербальная оценка по Лайкерту (P)
	эмоции неприятия	грусть	всего отрицательных эмоций	счастье	удивление	всего положительных эмоций	
Русский костюм	32,4	15,8	48,2	35,01	16,79	51,8	3,27
Украинский костюм	34,92	18,77	53,7	27,09	19,21	46,3	2,91
Крымско-татарский костюм	32,92	16,58	49,51	33,6	16,89	50,49	2,55
Караимский костюм	35,49	16,55	52,05	28,97	18,98	47,95	3,73
Костюм крымчаков	33,4	16,82	50,23	31,85	17,92	49,77	3,09
Болгарский костюм	30,66	15,85	46,51	35,34	18,14	53,49	3,27
Греческий костюм	33,13	15,16	48,29	34,01	17,7	51,71	3,18
Армянский костюм	32,25	15,14	47,39	35,44	17,17	52,61	3,27
Цыганский костюм	34,26	15,77	50,02	31,32	18,66	49,98	3,18

Возникновение и последующее увеличение негативных эмоций сопряжено с неприятием непривычных образов одежды для повседневного использования. Таким образом, после резкого всплеска счастья, вызванного ассоциативными рядами, ре-

спонденты начинают испытывать грусть по причине непривычности образов для повседневного использования, а к концу просмотра эмоции переходят в стадии неприятия как следствие защитной реакции растерянности в связи со сложностью

отнесения национальной одежды к конкретной этнической группе. В целом в связи с неоднозначностью восприятия национальных костюмов аудитория оценила их достаточно скептически, что подтверждалось данными вербальных оценок по шкале Лайкерта от 1-5 (табл. 1).

Согласно проведенной оценке наиболее высокие баллы получили наряды с небольшой палитрой цветов. Испытуемые отмечали сложности в зрительном восприятии и высокую когнитивную нагрузку при изучении высокоинтенсивных и разнообразных цветовых сочетаний этнических костюмов, отдавая предпочтения более лаконичным их вариантам. Наиболее привлекательными нарядами с точки зрения вербальной оценки оказались караимский (3,73), болгарский (3,27) и армянский (3,27) этнические костюмы. Однако, сопоставляя оценки с результатами эмоционального восприятия, болгарский и армянский костюмы получили наибольший показатель в разрезе возникновения положительных эмоций (53,49% и 52,61% соответственно). Таким образом, можно заключить, что наряду с положительным восприятием цветового сочетания значительную роль играет наличие привычных элементов одежды для респондентов, которые в наибольшей степени присутствовали именно в болгарском и армянском нарядах (респонденты проводили параллель между представленной шалью и фатой невесты из фатина или кружева).

ВЫВОДЫ

В ходе проведенного исследования выявлено, что потребительское восприятие национальных этнических костюмов народов Крыма достаточно неоднородно. Возникающие в начале просмотра ассоциативные ряды с привычными для обывателя элементами текстиля вызывают положительные эмоции, однако ярко выраженные непривычные образы и сложность в идентификации этнической принадлежности костюма вызывают когнитивный диссонанс, который ведет к всплеску негативных эмоций.

Выявлено, что наиболее привлекательными этническими костюмами для респондентов с точки зрения возникновения положительных эмоций оказались болгарский и армянский костюмы, что связано с более привычными для современного человека элементами дизайна. По результатам вербального опроса определено, что в наилучшей степени аудитория воспринимает наиболее лаконичные в цветовой гамме костюмы. Таким образом, для разработки сувенирной продукции с элементами национальной одежды необходимо в первую очередь использовать те компоненты костюма, которые наиболее приближены к современным тенденциям в сфере дизайна одежды и имеют более аскетичные цветовые элементы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ильцова К.Х., Кукаева М.Х.* Современная мода: тенденции и стили // Мода и дизайн: исторический опыт – новые технологии: материалы регион. науч.-практ. конф., Грозный, 27 ноября 2020 г. Грозный: Чеченский гос. пед. ун-т, 2020. С. 256...259.
2. *Жилина А.А., Моор С.М.* Современное понимание сущности моды // Современные исследования социальных проблем. 2015. №6. С. 101...110.
3. <https://listverse.com/2017/09/25/10-modern-fashion-trends-and-their-fascinating-histories/> (дата обращения: 28.01.2023).
4. *Жилева А.А.* Особенности современной моды // Молодой ученый. 2020. № 21 (311). С. 450...451.
5. Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю – Итоги. <https://crimea.gks.ru/folder/179764> (дата обращения: 02.02.2023).
6. <https://old.ethnomuseum.ru/kollekcii/vystavki-onlajn1/narody-kruma/> (дата обращения: 02.02.2023).
7. *Yarosh O.B., Eremenko J.A.* Identity of brands for building visual neurocommunication // Revista Inclusiones. 2021. Т. 8. №1. С. 386...407.
8. <https://profailer.com/facs/FACSilistemakodirova-niyalitseykhdvizheniy/> (дата обращения: 02.02.2023).
9. <https://www.apriorit.com/dev-blog/642-ai-emotion-recognition> (дата обращения: 02.02.2023).

REFERENCES

1. *Ilyasova K.H., Kukaeva M.H.* Modern fashion: trends and styles // Fashion and design: historical experience – new technologies: materials of the regional scientific and practical conference, Grozny, 27.11.2020. Grozny: Chechen State Pedagogical University, 2020. P. 256...259.
2. *Zhilina A.A., Moore S.M.* Modern understanding of the essence of fashion // Modern studies of social

problems. 2015. No. 6. P. 101...110.

3. <https://listverse.com/2017/09/25/10-modern-fashion-trends-and-their-fascinating-histories/> (дата обращения: 28.01.2023).

4. Zhilyaeva A.A. Features of modern fashion // Young scientist. 2020. № 21 (311). P. 450...451.

5. The Office of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and Sevastopol – Results. – <https://crimea.gks.ru/folder/179764> (date of reference: 02.02.2023).

6. <https://old.ethnomuseum.ru/kollekcii/vystavki-onlajn1/narody-kryma/> (accessed 02.02.2023).

7. Yarosh O.B., Eremenko J.A. Identity of brands for building visual neurocommunication // Revista Inclusiones. 2021. Vol. 8. №1. P. 386...407.

8. <https://profailer.com/facs/FACSilisistemakodirovaniyalitsevykhdvizheniy/> (accessed: 02.02.2023).

9. <https://www.apriorit.com/dev-blog/642-ai-emotion-recognition> (accessed: 02.02.2023).

Рекомендована кафедрой маркетинга, торгового и таможенного дела Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Поступила 17.03.23.

УДК 687.01

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_222

**ЛИТЕРАТУРА КОНЦА XX – НАЧАЛА XXI ВЕКА
КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОЛЛЕКЦИЯХ
МОДНОГО ДОМА ALEXANDER MCQUEEN**

**LITERATURE OF THE LATE XX - EARLY XXI CENTURIES
AS AN OBJECT OF STUDY IN THE COLLECTIONS
OF THE ALEXANDER MCQUEEN FASHION HOUSE**

C.B. СЫСОЕВ, В.И. СЕРГЕЕВА

S.V. SYSOEV, V.I. SERGEEVA

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

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

E-mail: valeria_1999_s@mail.ru

Данное исследование расширяет взгляд на творчество Александра МакКуина в контексте его обращения к источнику литературному, расширяющему поле взаимодействия фэшн-дизайна с искусством текста и слова. В объектив исследования попали коллекции модного дома Alexander McQueen, созданные как самим Александром МакКуином, так и продолжившей художественную стратегию модного дома Сарой Бертон. Оба дизайнера были глубоко взволнованы и литературными текстами, и генеральной идеей «Божественной комедии» Данте. Также исследовательский фокус Сары Бертон был наведен на произведения Оскара Уайльда и Редьярда Киплинга, жизненный путь которых имеет общие черты и общие искания. Иконографический метод, использованный в данном исследовании, позволяет провести параллели между образами писателей и их литературных героев и образами, представленными в коллекциях модного дома Alexander McQueen.

This study expands the view on the work of Alexander McQueen in the context of his appeal to a literary source, expanding the field of interaction between fashion design and the art of text and words. The research focused on the collections of the Alexander McQueen fashion house, created both by Alexander McQueen him-

self and by Sarah Burton, who continued the artistic strategy of the fashion house. Both designers were deeply moved by both literary texts and the general idea of Dante's Divine Comedy. Also, Sarah Burton's research focus was on the works of Oscar Wilde and Rudyard Kipling, whose life paths have similar features and spiritual quests. The iconographic method used in this study allows us to draw parallels between the images of writers and their literary heroes and the images presented in the collections of the Alexander McQueen fashion house.

Ключевые слова: Александр МакКуин, литература, Сара Бертон, Данте Алигьери, Божественная комедия, Оскай Уайлд, Киплинг, Искатель, Метамодернизм, Маскулинность, прагматический романтизм, романтизм.

Keywords: Alexander McQueen, literature, Sara Berton, Dante Aligheri, Divine comedy, Oscar Wilde, Rydyard Kipling, Explorer, Metamodernism, Masculinities, pragmatic romanticism, romanticism

Актуальность исследования связана с осознанием радикальных перемен в фэшн-дизайне, который начиная с XX века взаимодействует с литературным полем, и этот процесс масштабируется в XXI веке. Так, английский культуролог Люк Тернер в 2011 году обозначил важнейшие признаки новейшего времени, в котором новым исследователем становится художник: «Настоящее является признаком двойного рождения непосредственности и устаревания. Сегодня мы ностальгисты в той же мере, что и футуристы. Современные технологии позволяют одновременно и переживать, и осмыслять события с различных позиций. Находясь в периоде расцвета, восходящие сети способствуют демократизации истории, освещая расходящиеся тропы, которыми сегодня могут продвигаться ее великие нарративы» [1].

Доминирующая эстетическая концепция метамодернизма демонстрирует, как деятельность фэшн-дизайнера сегодня выходит за рамки утилитарной разработки сменяющихся сезонных коллекций: художественные высказывания, представленные в рамках дефиле, становятся в один ряд с манифестами, декларациями и исследованиями ведущих философов, мыслителей и ученых новейшей эпохи. Так, коллекции знакового фэшн-дизайнера рубежа XX–XXI веков Александра МакКуина, созданные им для одноименного модного дома Alexander McQueen, отражают глубокие размышления художника над актуаль-

ными вопросами социальной структуры общества. Нет ничего случайного в выборе его форм, палитр, саундтреков и мест проведения дефиле. Дефиле Александра МакКуина и на протяжении всей его жизни, и после превращались в перформанс, принимавший форму то эквивалента психологического триллера, то громкого экологического манифеста.

Важное место в эстетике модного дома отведено образам, связанным с литературными произведениями. Так, уже в одной из ранних коллекций модного дома Alexander McQueen – коллекции сезона осень-зима 1996 года – дизайнер обращается к программному произведению родоначальника современного итальянского литературного языка – флорентийского поэта и философа XIV века Данте Алигьери «Божественная комедия». Масштабная фигура поэта рассмотрена в коллекции фэшн-дизайнера сквозь призму его личной концепции постапокалипсиса.

Дефиле состоялось 1 марта 1996 года в церкви Христа – Christ Church в Spitalfields, расположенной в восточной части Лондона и тесно связанной с генеалогической историей клана McQueen: известно, что его семья произошла от Spitalfields Huguenots, которые были крещены и похоронены именно здесь, в этой церкви.

Саунд-арт дефиле – сложное барочное полотно – олицетворяло тонкую грань между началом и концом жизни: звук лопасти вертолета создавал иллюзию резко-

го крушения авиалайнера, оборвавшегося сильным взрывом. Григорианское пение, традиционно сопровождавшее литургию, синхронизировалось с мрачным и депрессивным треком «Paint it Black» панк-группы «The Rolling Stones», рассказывающем о бесчувственной природе человека. Весь перформанс наводил на размышления о неизбежности смерти. Так коллекция, символично названная *Данте*, дала импульс новой интонации художника: «Божественная комедия» стала отправной точкой размышлений МакКуина о концепции слияния загробной и реальной жизни и переосмысления отношения к неизбежности самой смерти. История пути Данте от темного хаоса ночи через тьму к постепенному пробуждению в чистилище и к исцеляющей яркости Рая будто становится нарративом для создания Александром МакКуином собственного трактата, рассказанного языком коллекции, о скитаниях творца.

Важно отметить, что в литературной традиции Европы еще никто не обладал столь ярко выраженной авторской позицией по отношению ко всему миру, как Алигьери, который в «Божественной комедии» не только дает собственные оценки, но и осмеливается сомневаться в справедливости божественного распределения грешников в Аду. Столь авторский взгляд, не типичный для средневековой литературы, представляет итог развития средневекового мировоззрения, формируя новый тип героя эпохи Возрождения. Данте исследует реальность метафизическую и приходит к выводу, что «этика души» определяет место человека в Аду в зависимости от его «порочных заслуг». «Эстетика души» по Данте определяет положение человека в Раю по степени большего или меньшего восприятия и отражения красоты Божественного света.

Авторское обращение МакКуина к метафизической концепции этики и эстетики Данте нашло свое продолжение на самом глобальном арт-событии рубежа веков – Седьмой международной Венецианской биеннале, девиз которой в 2000 году «меньше эстетики, больше этики» настроил

фокус внимания художника новейшего времени скорее на этические проблемы, нежели эстетические.



Рис. 1

Предвидя глобальный конфликт этики и эстетики в XXI веке, МакКуин создает крайне контрастные образы моделей коллекции осень-зима 1996 года (рис. 1): за пограничные понятия «этики» и «эстетики» души по положению человека в Раю и в Аду отвечали сами образы. Символизм колорита коллекции апеллирует к феномену мрачного романтизма, наиболее ярко воплотившегося в викторианском культе траура, традиционно использующего кружево и вуали: сложные оттенки белого становятся метафорой чистоты, черный цвет символизирует смерть, фиолетовый символизирует скорбь викторианской эпохи. Маски, скрывающие лица, обезличивали моделей подобно тому, как души людей покидают плоть и перестают быть привязанными к конкретным человеческим образам. Акцентами всей коллекции стали маски с распятием Христа, сатанические рога, лица, покрытые шипами. Представители «темного» романтизма чаще всего адаптировали образы антропоморфированного зла в виде сатаны, чертей и призраков. Темная, в каком-то понимании извращенная, острая идея вплеталась в идеально скроенные вещи, представлявшиеся изысканными театральными жестами.

Для написания «Божественной комедии» Данте Алигьери потребовалось задействовать вдохновение поэта, мудрость философа, знания ученого и интуицию пророка. Коллекция МакКуина была вдох-

новлена не столь самим произведением, сколько самим автором. Если провести параллель между великим модельером двадцатого века и поэтом XIII века, можно установить, что в творчестве модельера присутствуют те же критерии, используемые в работе, – вдохновение, мудрость, знания и интуиция.

Сущность смерти для МакКуина носит одновременно и устрашающий, и прекрасный характер: покидая плоть, душа стремится найти себе пристанище. МакКуин обостренно чувствует утрату связи души с телом – несмотря на неосвязаемость, дизайнер описывает призрачный путь души, переходящей в новый мир в самых изысканных одеяниях МакКуина. Так, коррелируя время создания коллекции с его биографией, можно проследить динамику его поиска, наполненного мистикой и трагичностью.

После смерти Александра МакКуина тему взаимодействия модного дома Alexander McQueen с литературой продолжила его креативный директор Сара Бертон: в мужской коллекции осень-зима 2017 она обращается к образу драматурга позднего викторианского периода Оскара Уайльда.

Коллекция концентрирует внимание на важнейших периодах жизни писателя, аллегорией которых становятся костюмы-тройки, созданные из сотканной ручным способом шерсти овец в небольших ремесленных мастерских, расположенных вдоль шотландской реки Твид, под протяжные гэльские песни. Именно эти пальто и куртки графитных оттенков апеллируют к ранним годам творческой жизни писателя – обучение его в колледжах – сначала в Тринити-колледже, затем в колледже Магдалины, где на лекциях теоретика искусств, страстно любимого и Александром МакКуином, Джона Рескина сложились философия и мировоззрение Уайльда как писателя. Так, визитной карточкой студентов классического отделения Оксфордского университета Магдалины 1874–78 гг. был безупречный стиль денди, посещавших самые престижные салоны Англии (рис. 2).



Рис. 2

Во время путешествия по Франции в 1882 году, где состоялось знакомство Уайльда с ярчайшими фигурами мировой литературы – Виктором Гюго, Эмилем Золя и Стефаном Малларме, его модели обретают новые причудливые формы. Центральными образами дефиле становятся шелковые халаты, смокинги с отложными воротниками, жаккардовые пальто, вдохновленные антикварными коврами, сюртуки ярких открытых оттенков и другие знаковые вещи, отсылающие нас к коллекционным изделиям из гардероба денди.

В завершение модного шоу Сара Бертон ссылается на последние годы жизни писателя в Париже после тюремного заключения, окрашенные красками бедности. Оскар Уайльд, сменивший после тюремного заключения имя на Себастьяна Мельмота (Sebastian Melmoth), заимствовав фамилию из готического романа «Мельмот Скиталец» знаменитого английского писателя XVIII века Чарльза Метьюрина, двоюродного деда Уайльда, превращается в отвергнутого и забытого героя своих собственных романов. «Во многом эти поздние денди подхватывают тенденции, уже намеченные в романтической эстетике, и предельно разворачивают их. Так, Оскар Уайльд выступает как прямой наследник радикальных концепций Джона Китса относительно полной безличности поэта-хамелеона, отсутствия у него собственного характера и идентичности» [2, с. 30].

Сара Бертон транслирует трагедию личной трансформации писателя через динамику его образа, отличительной чертой которого теперь стали длинные мешковатые свитера с эффектом потрепанности, плечевые изделия с заплатками на локтях,

жилеты с завязками из рваных лоскутов. Центральным мотивом коллекции, как и изображения на стенах номера отеля, в котором Уайльд провел свои последние дни, становятся силуэты павлинов. В коллекции нарушается ассоциативная связь образа павлина с богатством и достатком. Благородные птицы были вышиты золотыми нитями на пальто и плащах, павлиньи перья изображались в красках на жаккардовых куртках, в оттенках синего и бирюзового на пальто или вышивались черными нитями на воротниках белых рубашек. Изображения «кричали» о несправедливой развязке биографии великого писателя и, кажется, будто напоминали о несправедливом финале жизни и истории смерти МакКуина. Дефиле стало криком всех оплакивающих утрату величайшего художника с неординарным взглядом на мир, транслирующего свои личностные трагедии через призму художественных образов.

Таким образом, модели одежды представляли собой блуждающий дендистский стиль Уайльда с первоначальными штрихами британского наследия, переходящими в парижскую богемность. Это была коллекция уникально одаренного человека, но со своим характером, не принимаемого обществом в полной мере, считавшимся одиноким и отвергнутым. Как сказал Оскар Уайльд, покинувший мир обычным человеком без крова и дорогих сюртуков, на старой кровати дешевого номера отеля d'Alsace (ныне известный как L'Hôtel): «Если уж приходится вести себя дурно, лучше быть дурным и элегантно одетым, нежели дурным и одетым не элегантно» [3, с 82].

В биографиях поэта Уайльда и дизайнера МакКуина выявляется большое количество параллелей: отличаясь нонконформистским видением мира, оба художника имели популярность, выстроенную на непринятии инакомыслия. Яркий талант и громкий успех становятся фасадом глубины душевных переживаний и сиротства окружения.

Продолжением размышлений о сложно устроенном внутреннем мире личностей, работающих в области искусства, стала

мужская коллекция модного дома Alexander McQueen 2018 года (рис. 3), вдохновленная стихотворением Редьярда Киплинга «Исследователь» («The Explorer», 1898 г). Поэт рассказывает историю о человеке, ищущем себя, свой путь и в итоге открывшем смысл в путешествии и открытии новых горизонтов.



Рис. 3

Тема исследователя в коллекции раскрыта через такие визуальные коды, как строгие рубашки с кожаными вставками цвета слоновой кости, двубортные куртки, расшитые выдержками из стихотворения, костюмы алых оттенков в разных полотнах, в том числе и в коже, тренчкоты, декорированные изображениями контурных карт и зарисовок из записных книг путешественников. По мере развития образы коллекции становились все расслабленнее и расслабленнее – появлялись брюки и рубашки из мягких тканей, накидки и пальто, стеганные куртки.

Так образами из коллекции Сара Бертон комментирует произведение Редьярда Киплинга, видя в его героях тенденцию новейшего времени: «Explorer, как экспериментатор, который находится в поиске новых эстетических концепций для личного самопознания и познания окружающего его мира. В мире моды Explorer не имеет четкой стратегии, что подтверждает нестандартный подход к делу, регулярное экспериментальное сотрудничество и работу с различными сферами дизайна...» [4].

Эта тенденция отражена в констатации прагматического романтизма, отраженной в восьмом пункте манифеста метамодернизма Люка Тернера: «Мы предлагаем прагматический романтизм, свободный от идеологического крепежа. Таким образом, метамодернизм означает подвижное со-

стояние между и за пределами: иронии и искренности, наивности и понимания, релятивизма и истинности, оптимизма и сомнения, в погоне за множеством несоизмеримых и ускользающих горизонтов» [1].

Кульминацией дефиле становится белый кожаный плащ, расшитый строками алых нитей с цитированием Киплинга: “Come-hither. You maybesometime” («Иди сюда. Ты можешь тут оказаться»). Именно метод цитирования литературного текста на одежде, унаследованный у Сони Терк-Делоне, помог Саре Бертон погрузить зрителей в атмосферу авантюрного духа исследователей, трепетного волнения при открытии новых артефактов. «Новаторский взгляд на творчество Сони Делоне ... заключается в анализе влияния ее художественного метода на творческий почерк современных творцов моды. Обращения к новаторской деятельности художницы... иллюстрируют уникальность искусства Сони, подчеркивая постоянный диалог с симультанизмом. Ее эксперименты связи различных направлений искусства и технологии, последовательные исследования формы, основанные на синтетике, кажутся актуальными и для нашего времени» [5].

Алый текст, акцентно играющий на чистом белом фоне, притягивал внимание зрителей и затягивал в рассуждения о транслировании глубинных внутренних кодов. «Каждый человек, идущий не по поверхности, отображает в искусстве, в первую очередь, личное виденье мира, свою жизненную стратегию и, в конечном итоге, – свой глубинный внутренний код...» [6].

Подобно самому МакКуину, Бертон стремится коснуться несоизмеримых, ускользающих идей высшего смысла, познать малую долю вселенских вопросов и отразить их в концепции коллекции.

Венцом соединения литературного текста с фэшн-дизайном становится обращение модного дома Alexander McQueen к «Божественной комедии» спустя 26 лет. Так, в мужской коллекции весна-лето 2022 (рис. 4) Сара Бертон возвращается к истокам, переосмысливая коллекцию Александра МакКуина сезона осень-зима 1996

года. Теперь обращение происходит через иллюстрации художника английского романтизма Уильяма Блейка к 29 песне «Божественной комедии» Данте Алигьери.



Рис. 4

Источником вдохновения коллекции стал трансформированный в облако света образ Беатриче, с которой главный герой встречается в чистилище. Обращаясь к яркому описанию цели странствий как пути спасения души и вневременного движения любви, Бертон переводит на язык маскулинности пересечения мужского и женского сознания.



Рис. 5

Знаковым является образ, в котором читается параллель со знаменитым «устричным» платьем Oyster из коллекции весна-лето 2003 года, созданной самим Александром МакКуином (рис. 5). Выполненное из шелковой органзы, жоржета и шифона цвета песка, платье имитирует волнистую раковину гигантского моллюска. В коллекции весна-лето 2022 появляется мужское платье с асимметричной юбкой

из рваных полос тюля, шифона и органзы. Данная модель становится поэтической аллегорией мировой катастрофы, осмысленной Александром МакКуином в результате его тактильных исследований и драматических представлений: в «устричном» платье закодировано изображение выхода души за пределы гендера и пола.

Кроме того, иллюстрации письменных образов возлюбленной Беатриче, Грифона и Данте переносятся также на пальто, куртки, свитера, рубашки и жилеты. Опираясь на концепцию воображения как чистой формы эскапизма, коллекция сосредоточена вокруг олицетворения чувства легкости – воздуха и воды – на красоте, выходящей из тьмы.

«Противопоставляя сложность внутреннего мира своего лирического героя остальному миру, соединяя мечты о далеких таинственных местах с размышлениями о жизни и смерти, Сара Бертон использует фундамент английского романтизма периода изменения общественного сознания вследствие глобальных промышленных революций: в ее коллекциях читаются метафора прозрачного взгляда на мир, единение с природой, идея народности, готическое представление о красоте, образы стихии, элементы исторического костюма эпохи бидермайер, образы «ночного сознания», сцены пикников и туманных пейзажей... Все эти образы были созданы романтиками – У. Тернером, Дж. Байроном, У. Блейком, Ш. Бронте и другими» [8].

Таким образом, модный дом Alexander McQueen является одним из протагонистов, формирующих синтез фэшн-дизайна и литературы. Создавая новый эстетический опыт, новую художественную культуру, меняя художественный процесс новейшего времени, он формирует новое междисциплинарное поле, у истоков которого стояла Соня Делоне-Терк, создавшая свои платья – поэмы в начале XX века. Так, Александр МакКуин вслед за Джоном Гальяно, обратившимся в коллекции сезона весна-лето 1994 года для модного дома John Galliano к русским литературным

произведениям, задает импульс новому развитию моды.

Следующее обращение фэшн-дизайна к литературным произведениям произойдет только в 2007 году, когда бельгийский дизайнер Энн Демельмейстер посвятит коллекцию модного дома Demeulemeester роману Вирджинии Вулф «Орландо».

И только во втором десятилетии 2000-х взаимодействие литературы и фэшн-дизайна станет тенденцией. Однако у истоков интерпретации литературного текста в фэшн-дизайне находится именно Александр МакКуин. Таким образом, феномен взаимодействия литературы и фэшн-дизайна сегодня требует более глубокого осмысления.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://metamodernizm.ru/briefintroduction/>
2. *Вайнштейн О.Б.* Денди: мода, литература, стиль жизни. М.: Новое литературное обозрение, 2005. 640 с., ил. Янко Слава (Библиотека Fort/Da). – <http://yanko.lib.ru>
3. *The Letters of Oscar Wilde.* Серия «Символы времени». Ч. 5. Лондон 1891–1895. М., 1997.
4. *Суралева А.А., Сысоев С.С.* Архетип explorer и его проявление в системе мировой моды.
5. *Сысоев С.В., Сергеева В.И.* Соня Делоне и ее роль в макросистеме мировой моды // Креативные технологии в проектировании костюма: сборник научных трудов кафедры дизайна костюма. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. С. 59...72.
6. <https://metamodernizm.ru/metamodern-interview/>
7. *Виноградова Д.Е., Сысоев С.В.* «Прагматический романтизм» Сары Бертон для модного дома Alexander McQueen в эпоху метамодернизма // Культура и цивилизация. 2022. Т. 12. № 5А. С. 94...110. DOI: 10.34670/AR.2022.44.56.010
8. *Гаврилин К.Н., Сысоев С.В., Сысоева О.Ю.* Метамода как феномен эпохи метамодернизма // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда: Вестник РГХПУ им. С.Г. Строганова. 2022. № 2-2. С. 115...137.
9. *Павлов А.* Образы современности в XXI веке: метамодернизм // Логос: философско-литературный журнал. 2018. Т. 28. №6 (127). С. 1...19.
10. *Ван Ден Аккер Р.* Метамодернизм. Историчность, аффект и глубина после постмодернизма. М.: РИПОЛ классик, 2020.
11. <https://metamodernizm.ru/robin-van-den-akker-interview-in-moscow/> (дата обращения: 05.11.2021).
12. <http://contemporary-artists.ru/metamodernist-manifesto.html>
13. *Рибейро А.* Мода и художественная литература: одевайтесь в искусство и литературу в Стю-

арте, Англия. Нью-Хейвен и Лондон: Изд-во Йельского ун-та, 2005.

14. *Борев Ю.Б.* Эстетика: учебник. М.: Высшая школа, 2002. 511 с.

15. <https://www.worldhistory.org/literature/>

16. *Thompson G. R. ed.* Introduction: Romanticism and the Gothic Tradition. Gothic Imagination: Essays in Dark Romanticism. Pullman, WA: Washington State University Press, 1974: p. 6.

17. *Kazakova Vinogradova E.* Историография Венецианской биеннале // Современное искусство в контексте глобализации: наука, образование, художественный рынок: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов, 2018.

18. *Барм Р.* Дендизм и мода // Система моды. Статьи по семиотике культуры / перевод С.Н. Зенкина. М.: Изд-во им. Сабашниковых, 2003.

REFERENCES

1. <https://metamodernizm.ru/briefintroduction/>

2. *Weinstein O.B.* Dandy: Fashion, Literature, Lifestyle. Moscow: New Literary Review, 2005. 640 p., ill. Janko Slava (Fort/Da Library). – <http://yanko.lib.ru>

3. The Letters of Oscar Wilde. Series "Symbols of Time". Part five. London 1891–1895. M., 1997.

4. *Suraleva A.A., Sysoev S.C.* The explorer archetype and its projection in the system of world fashion.

5. *Sysoev S.V., Sergeeva V.I.* Sonya Delone and her role in the macrosystem of world fashion.

6. <https://metamodernizm.ru/metamodern-interview/>

7. *Vinogradova D.E., Sysoev S.V.* "Pragmatic romanticism" Sarah Berton for Alexander McQueen in the epoch of metamodernism // Culture and civilization. 2022. Vol. 12. No 5A. P. 94...110. DOI: 10.34670/AR.2022.44.56.010

8. *Gavrilin K.N., Sysoev S.V., Sysoeva O.Yu.* Metamod as the phenomene of the eleventh of meta-

modernism // Decorative art and subject-spatial environment: Bulletin of the Russian State University of Art and Industry named after. S.G. Stroganov. 2022. No 2-2. P. 115...137.

9. *Pavlov A.* Images of modernity in the XXI century: metamodernism // Logos: philosophical and literary journal. 2018. Vol. 28. №6 (127). P. 1...19.

10. *Van Den Acker R.* Metamodernism. Historicity, Affect and Depth after Postmodernism. Moscow: RIPOL Classic, 2020.

11. <https://metamodernizm.ru/robin-van-den-akker-interview-in-moscow/> (access date: 05.11.2021).

12. http://contemporary-artists.ru/metamodernist_manifesto.html

13. *Ribeiro A.* Fashion and fiction: dress up art and literature in Stewart, England. New Haven and London, Yale University Press, 2005.

14. *Borev Y.B.* Aesthetics: Textbook. M.: High School, 2002. 511 с.

15. <https://www.worldhistory.org/literature/>

16. *Thompson G. R., ed.* Introduction: Romanticism and the Gothic Tradition. Gothic Imagination: Essays in Dark Romanticism. Pullman, WA: Washington State University Press, 1974: p. 6

17. *Kazakova Vinogradova E.* The Historiography of the Venice Biennale // Modern art in the context of globalization: science, education, art market: Materials of the VIII All-Russian Scientific and Practical conference. St. Petersburg: St. Petersburg Humanitarian University of Trade Unions, 2018.

18. *Barthes R.* Dendism and fashion / Per. S.N. Zenkin // Barthes R. System of fashion. Articles on Semiotics of Culture. M.: Publishing house of Sabashnikov, 2003.

Рекомендована кафедрой дизайна костюма РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 03.05.23.

УДК 666.3/7

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_230

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛАСТИН
ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ****WORKING-OUT OF A STRUCTURE OF PROTECTIVE COMPOSITE PLATES
FOR PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT***М.А. ФАРУХ¹, М.В. КИСЕЛЕВ¹, Д.А. САМОЙЛОВ²**M.A. FARUH¹, M.V. KISELEV¹, D.A. SAMOYLOV²**(¹ООО НПО "Программируемые Композиты", г. Кострома)
(²ООО "Центр инжиниринга и проектирования "Аванс" г. Ростов-на-Дону)**(¹ООО NPO "Programmable Composites" LLC, Kostroma)
(²ООО Center of engineering and design "Advance" Rostov-on-Don)**E-mail: faruh_mihail@mail.ru, kisselev50@mail.ru, dmitrii_samoilov@mail.ru*

Статья посвящена разработке защитных композиционных пластин для средств индивидуальной бронезащиты с целью повышения их баллистической стойкости. В рамках проведенного исследования спроектированы и изготовлены оригинальные броневставка и бронеплита, являющиеся основными элементами бронезиления. Броневставка изготовлена из арамидного композита на основе отечественной ткани Русар®. Основными материалами для изготовления бронеплиты стала бронекерамика на основе оксида алюминия и карбида бора в сочетании с подложкой из арамида для энергопоглощения. Представлен разработанный оригинальный образец структуры защитных композиционных пластин для средств индивидуальной защиты. Сочетание материалов изготовленного образца наиболее точно приблизило его к заданным характеристикам по всем показателям.

The article is devoted to the working-out of protective composite plates for personal armor protection equipment in order to increase their ballistic resistance. Within the framework of the conducted research, the original armor plate and armor plate, which are the main elements of the bulletproof vest, were designed and manufactured. The armor plate is made of aramid composite based on Russian Rusar ® fabric. The main materials for the manufacture of the armor plate were armored ceramics based on aluminum oxide and boron carbide in combination with an aramid substrate for energy absorption. The developed original sample of the structure of protective composite plates for personal protective equipment is presented. The combination of materials of the manufactured sample most accurately brought it closer to the specified characteristics for all indicators.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, противоосколочный пакет, бронеплита, арамидный композиционный материал.

Keywords: personal protective equipment, anti-shatter package, armor plate, aramid composite material.

Активное развитие современных средств внешнего динамического воздействия на биообъект требует совершенствования и разработки новых образцов средств индивидуальной бронезащиты (СИБ) и их отдельных элементов.

Совершенствование СИБ идёт в направлениях поиска новых материалов, создания композитных и металлокерамических элементов защитных систем, оптимизации формы и структуры элементов СИБ, в том числе на микро- и наноуровне, что позволит эффективно рассеивать энергию внешнего динамического объекта на различном уровне кинематического и динамического состояния. Прорабатываются и более экзотические решения, такие, как синтез защитных систем на основе неньютоновских жидкостей [1].

Наиболее прочные и устойчивые защитные материалы в настоящее время изготавливают на основе волокнистого состава, используя, например, углеволокно, арамиды или сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ, UHMWPE). В течение последних десятилетий созданы или усовершенствованы композитные материалы зарубежных фирм KEVLAR, TWARON, DYNEEMA, SPECTRA, а также отечественные Руслан и Русар-С. Они изготавливаются в виде многослойных непропитанных пакетов либо в качестве армирующего компонента в составе композита, получаемого путем химического связывания волокон арамидных структур или высокопрочного полиэтилена [2].

Важнейшую роль для создания бронезащит, отвечающих конкретным условиям эксплуатации и назначению, играет выбор текстильных материалов [3]. Практически все известные текстильные структуры тканей полотняного, саржевого и других видов переплетения, изготовленные из высокопрочных арамидных нитей, могут

быть применены в качестве средств индивидуальной бронезащиты с большей или меньшей эффективностью [4].

Совершенно очевидно, что максимальное проявление защитных свойств тканой структуры может быть достигнуто при оптимальной структуре ткани и с учетом основных физико-механических характеристик образующих ткань нитей. Именно поэтому моделирование структуры ткани является еще одним важным этапом при исследовании баллистических свойств текстильных материалов [3, 5, 12]. Оптимальные многослойные тканевые пакеты с различными поверхностными обработками позволяют эффективно противодействовать внешнему ударному динамическому воздействию [5].

Как преграда, текстильная броня представляет собой сложную дискретную структуру с внутренними степенями свободы, поскольку нити, из которых состоит средство индивидуальной защиты, обладают способностью к смещению и деформации в направлении как основного внешнего воздействия, так и многоосевого поведения полимерного волокнистого материала под действием ударной нагрузки. Именно способность нитей ткани испытывать смещение при ударно-проникающем внешнем динамическом воздействии обеспечивает возможность преобразования кинетической энергии в энергию упругого растяжения нитей ткани [6]. В исследованиях изучаются зависимости баллистической стойкости текстильного конструкционного материала, используемого в основе средства индивидуальной защиты, от различных видов переплетения нитей в тканях, от текстуры составляющих нитей, а также от количества элементарных составляющих в нитях, используемых для производства армирующего материала [7].

Постоянно растут требования к целевым свойствам защитных материалов, в частности к повышению уровня их энергетических демпфирующих характеристик.

Одним из основных эксплуатационных свойств средств индивидуальной защиты от воздействия внешних динамических ударных нагрузок является их баллистическая стойкость, обеспечиваемая многослойным защитным тканым материалом, представляющим собой конструктивное целое, состоящее из взаимосвязанных компонентов защитного пакета, предназначенного для защиты от разных видов механического воздействия на него [8].

При этом перспективными задачами при синтезе СИБ в настоящее время и в будущем будут являться задачи повышения предела баллистической стойкости при неизменной массе, снижения веса СИБ без уменьшения предела динамической стойкости или повышения предела стойкости с одновременным снижением массы.

В ближайшее десятилетие ожидается разработка принципиально новых материалов для решения обозначенной проблемы: от текстильных структур из высокомолекулярных и высокопрочных полиарамидных или полиэтиленовых нитей до сверхпрочных металлических, керамических и композитных материалов с применением новейших нанотехнологий. Однако комбинированные многослойные защитные преграды с внешним керамическим слоем и тогда сохраняют свою актуальность для защиты от средств внешнего динамического ударного воздействия [6].

При разработке структуры защитных композиционных пластин для средств индивидуальной защиты нами предусмотрено совершенствование их традиционных конструктивных параметров за счет усиления вставками из перспективных композитных и керамических материалов. Бронеэлементы могут быть алюминиевыми, титановыми, стальными, а бронепанели могут представлять собой монолитные керамико-органопластиковые преграды и др.

Для исследования баллистической стойкости СИБ спроектированы и изготовлены оригинальные противоосколочный пакет и

бронеплата. Противоосколочный пакет (броневставка) класса защиты БР-2 состоит из композита на основе арамидного волокна.

При создании противоосколочного пакета (броневставки) использована отечественная ткань Тогилен поверхностной плотностью 250 г/м^2 , со средней разрывной нагрузкой (основа/уток) 1500 Н и средней раздирающей нагрузкой (основа/уток) 110 Н с добавлением пакета СВМПЭ плотностью $0,93 \text{ г/см}^3$, имеющего растягивающее или изгибающее напряжение 4 кгс/мм^2 , а также высокую ударную прочность во всем рабочем диапазоне температур. Готовый противоосколочный пакет помещается в чехол из ткани. Внешний вид образца защитного пакета представлен на рис. 1.



Рис. 1

В состав каждого гибкого защитного элемента входит подложка из ткани из арамидных волокон с расположенным на ней абразивным слоем для максимальной защиты от проникающего действия средств поражения и покровным слоем из эластичного материала для изоляции абразивного слоя.

Для создания СИБ от поражающих высокоэнергетических механических воздействий применения только гибких броневставок недостаточно. Одним из основных элементов таких СИБ является бронеплата – жесткий элемент, устанавливаемый поверх пакета из синтетической ткани, повышающий защитную функцию средства индивидуальной защиты и улучшающий поглощение кинетической энергии поражающего элемента. Важными свойствами для данных изделий являются плотность, твердость, прочность и трещиностойкость. Основными материалами для изготовления бронеплит на сегодняшний день являются специальные сорта металлических сплавов

и сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМП) [9].

Проблема живучести баллистической системы с применением керамических элементов решена за счет использования подложки, обеспечивающей конструктивную целостность и воспринимающей энергетический поток разрушенной керамики и поражающего элемента [10].

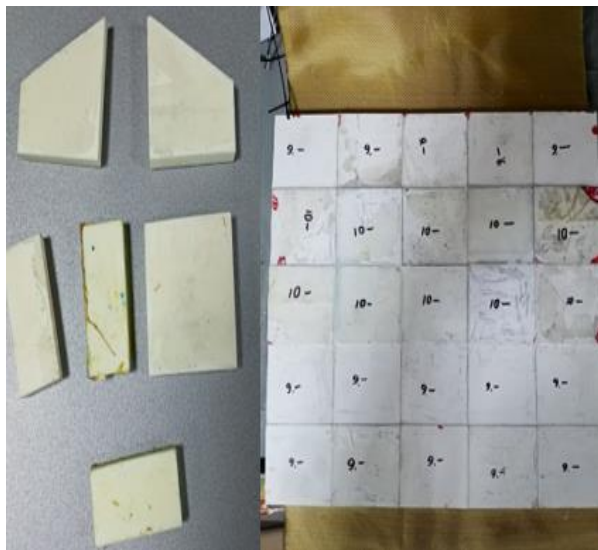


Рис. 2

При формировании структуры защитной композиционной пластины, созданной в процессе исследования, использовалась подложка из арамидной ткани до 10 слоев из нитей номинальной линейной плотностью 29,4 текс и поверхностной плотностью 140 г/м². Для дальнейшего оптимального сочетания с керамическим слоем арамидная ткань выступала как энергопоглощающая подложка. Заготовленные заранее керамические плиты представлены на рис. 2.

Керамические плиты изготовлены на основе оксида алюминия (Al₂O₃) и карбида бора (B₄C) размерами 50*50 мм и 100*100 мм, вес самой большой части 386 г, плотность 3860 кг/м³. При дальнейшей подготовке бронекерамики керамические плиты выкладывали на подложку из арамидной ткани с клеевой подготовкой поверхности, получая в результате клееварную конструкцию с высоким ресурсом и надежностью после застывания. Технические характеристики бронекерамики, изготовленной в рамках исследования, представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование	Нормируемое значение по ТУ
Содержание Al ₂ O ₃ , %	≥ 95,5
Кажущаяся плотность, г/см ³	≥ 3,8
Модуль упругости, ГПа	≥ 300
Предел прочности при изгибе, МПа	≥ 250
Микротвердость, ГПа	≥ 15
Твердость, HRA	≥ 76
Трещиностойкость, МПа м ^{1/2}	≥ 3,0

После застывания основы пластины на внутреннюю ее часть помещался гибкий пакет из арамидных нитей, который в образце составлял 8 слоев. Далее повторялась процедура приклеивания с оставлением пакета на 12 часов под прессом до полного застывания. На застывшую плиту с тыльной стороны добавлялось углеродное волокно с полимерным связующим, которое придаст общей конструкции упругость. Полученную плиту под воздействием пресса оставляли на 24 часа.

Арамидная подложка должна препятствовать разрушению ткани от внешнего

динамического воздействия на разрыв, а композит на основе углеродного волокна будет влиять на упругость и демпфировать кинетическую энергию от внешнего удара.

По данным разработчиков ткани из микрофиламентных нитей, именно малый диаметр филаментов в сочетании с химической структурой полимера позволяет нитям выдерживать значительные напряжения при изгибе без разрушения и обеспечивать высокие баллистические характеристики ткани [11]. Практическим путем подбиралось оптимальное процентное соотношение углеродного волокна к пласти-

фикаторам. Бронеплита в конечном виде показана на рис. 3. Общий ее вес после застывания составил не более 2,95 кг в форм-факторе Гранит-2 с размером (L) 260*340 мм.

Технические характеристики разработанной композитной бронеплиты и имеющих аналогов представлены в табл. 2.



Рис. 3

Т а б л и ц а 2

Марка (название) бронезилета	Вес бронеплиты, кг	Класс защиты
Разработанный бронезилет	2,95	6 по ГОСТ Р 50744-95
Штурмовой бронезилет "ББ43"	5	6 по ГОСТ Р 50744-95
ЮТВ Gen II (Improved Outer Tactical Vest)	3,25	IV (NIJ) (6 по ГОСТ Р 50744-95)

Анализ данных табл. 2 показывает уменьшение веса разработанной бронеплиты по сравнению с имеющимися аналогами на 10-69%. При этом необходимо отметить, что класс защиты имеющихся бронеплит 6 соответствует ГОСТ Р 50744-95.

Следующим этапом исследования запланированы натурные эксперименты прямого баллистического воздействия высокоскоростного индентора для проверки защитных свойств баллистической преграды созданного образца средства индивидуальной защиты в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 34286-2017 и ГОСТ Р 50744-95.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны элементы СИБ в виде гибкой броневставки и бронеплиты.

2. Элементы гибкой броневставки рекомендуются к применению для персонала министерства внутренних дел и сотрудников служб исправительных учреждений.

3. Разработанный элемент бронеплиты показал снижение массы по сравнению с имеющимися аналогами на величину от 10 до 69%. Предназначен для изготовления СИБ военнослужащих.

4. Актуальной задачей дальнейших исследований является определение баллистической стойкости разработанной бронеплиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митрофанов А. Доспехи бога: технологии для перспективных средств индивидуальной бронезащиты // Военное обозрение. – <https://topwar.ru/165719-dospehi-boga-tehnologii-dlja-perspektivnyh-sredstv-individualnoj-bronezaschity.html> (дата обращения: 18.11. 2022).

2. Романовский В.С., Мелихов К.В., Извергин Н.Д. Сравнительный анализ существующих материалов из защитных структур и технико-экономическая оценка конструкции бронезащиты // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. №6. С.87...97.

3. Долганина Н.Ю., Сапожников С.Б. Исследования влияния типа переплетения нитей на прочность тканевых преград при локальном ударе // Вестник ЮурГУ. Серия: Машиностроение. 2013. Т. 13, №2. С. 95...104.

4. Бова В.Г., Федоров В.А., Тихонов И.В. и др. Ткань для баллистической защиты и баллистический защитный тканевой пакет на ее основе // Патентный поиск РФ. – <https://www.freepatent.ru/patents/2175035> (дата обращения 20.11. 2022).

5. Игнатова А.В., Сапожников С.Б., Шаблей А.А. Поверхностная обработка арамидной ткани и ее влияние на механику фрикционного взаимодействия нитей // Вестник ПНИПУ. Механика. 2017. №4. С. 121...137. DOI: 10.15593/perm.mech/2017.4.09.

6. Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В. Материалы и структуры легкой бронезащиты. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 191, [1] с.: ил.

7. Морозова Т.В., Дворцевая А.М., Зайцева Л.В., Осипчик В.С. Свойства композитных материалов, используемых в средствах бронезащиты // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Т. XXXII, № 6 (202). М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. С. 94...96.

8. Беспалов И.А. Научно-методические основы проектирования легкой бронезащиты // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. №5. С. 404...413.

9. Мыльников В.В., Абросимов А.А., Романов И.Д., Романов А.Д. Анализ материалов и их свойств, применяемых для средств индивидуальной бронезащиты // Успехи современного естествознания. 2014. №9, ч. 2. С. 143...147.

10. Гриневич А.В., Лавров А.В. Оценка баллистических характеристик керамических материалов // Труды ВИАМ. 2018. №3 (63). DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-3-95-102.

11. Шульдешова П.М., Железина Г.Ф. Арамидный слоисто-тканый материал для защиты от баллистических и ударных воздействий // Труды ВИАМ. 2014. №9. DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-9-6-6.

12. Киселев М.В., Фарух М.А. Исследование динамического поведения ткани "русар" при ударных воздействиях // Сб-к науч. тр. междунар. науч. конф., посвященной 110-летию со дня рождения проф. А.Г. Севостьянова, Москва, 10 марта 2020 г. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. Ч. 1. С. 251...256.

REFERENCES

1. Mitrofanov, A. Armor of God: technologies for advanced personal armor protection / A. Mitrofanov // Military Review. – URL: <https://topwar.ru/165719-dospehi-boga-tehnologii-dlja-perspektivnyh-sredstv-individualnoj-bronezaschity.html> (date of access: 11/18/2022).

2. Romanovsky, V.S. Comparative analysis of existing materials for the protective structures and feasibility study for the armored structures / V.S. Romanovsky, K.V. Melikhov, N.D. Izergin // Proceedings of TulSU. Technical science. 2022. No. 6. P.87...97.

3. Dolganina, N.Yu. Study of the influence of type weave for strength of the textile armor panel at the local impact / N.Yu Dolganina, S.B. Sapozhnikov // Bulletin of SUSU. Series Engineering. 2013. Vol. 13, No. 2. P.95...104.

4. Bova, V.G. Fabric for ballistic protection and a ballistic protective fabric package based on it / V.G. Bova, V.A. Fedorov, I.V. Tikhonov [et al] // Patent search of the Russian Federation. –

<https://www.freepatent.ru/patents/2175035> (date of access 11/20/2022).

5. Ignatova, A.V. Aramid fabric surface treatment and its impact on the mechanics of yarn's frictional interaction / A.V. Ignatova, N.Yu. Dolganina, S.B. Sapozhnikov, A.A. Shabley // of PNRPU Mechanics Bulletin. 2017. No. 4. P. 121...137. DOI: 10.15593/perm.mech/2017.4.09.

6. Kobylkin, I.F. Materials and structures of light armor protection: textbook / I.F. Kobylkin, V.V. Selivanov. Moscow: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 2014. 191, [1] p.: ill.

7. Morozova, T.V. Properties of composite materials used in the means of armor protection / T.V. Morozova, A.M. Dvortseva, L.V. Zaitseva, V.S. Osipchik // Advances in chemistry and chemical technology: Scientific works. Vol. XXXII, No. 6 (202). M.: RKhTU im. D.I. Mendeleev, 2018. P. 94...96.

8. Bespalov, I.A. Scientific and methodical basis of lightweight armor development / I.A. Bespalov // Proceedings of TulSU. Technical science. 2019. No. 5. P. 404...413.

9. Mylnikov, V.V. Analysis of materials and their properties used for personal armor protection / V.V. Mylnikov, A.A. Abrosimov, I.D. Romanov, A.D. Romanov // Advances in current natural sciences. 2014. No. 9, part 2. P. 143...147.

10. Grinevich, A.V. The estimation of ballistic properties of ceramic materials / A.V. Grinevich, A.V. Lavrov // Trudy VIAM. 2018. No. 3 (63). DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-3-95-102.

11. Shuldeshova, P.M. The aramid layered and woven material for protection against impact and ballistic influences / P.M. Shuldeshova, G.F. Zhelezina // Trudy VIAM. 2014. No. 9. DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-9-6-6.

12. Kiselev, M.V., Farukh, M.A. Investigation of the dynamic behavior of the "rusar" fabric under shock impacts / M.V. Kiselev, M.A. Sevostyanova (March 10, 2020). M.: RGU im. A.N. Kosygin, 2020. Part 1. P. 251...256.

Поступила 16.01.23.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ОБУВНЫХ ПОДОШВЕННЫХ КОМПОЗИЦИЙ

THERMAL STUDIES OF PROPERTIES OF SHOE SOLE COMPOSITIONS

C.C. МУСАЕВ, Г.О. САМИЕВА

S.S. MUSAEV, G.O. SAMIEVA

(Бухарский инженерно-технологический институт, Узбекистан)

(Bukhara Engineering – Technological Institute, Uzbekistan)

E-mail: ssmusaev@rambler.ru; samiyeva78@inbox.ru

В работе исследован температурный диапазон превращений исходных полимеров и подошвенных композиций, полученных на основе отечественного суспензионного поливинилхлорида и сополимера этилена винилацетата с использованием метода дифференциальной сканирующей калориметрии. По результатам дифференциальной сканирующей калориметрии доказано, что базовая и наполненные композиции вплоть до 250⁰С термостабильны.

Определено, что температурный диапазон эксплуатации полимерных композиций ограничен началом деструктивных процессов, сопровождаемых потерей массы образцом, и исходя из значений термогравиметрических кривых исходной и наполненных композиций следует отметить, что процесс наполнения приводит к расширению диапазона переработки с 197⁰С до 250⁰С, что является приемлемым для изготовления подошв обуви специального назначения.

In this work, the temperature range of transformations of the initial polymers and sole compositions obtained on the basis of domestic suspension polyvinyl chloride and ethylene-vinyl acetate copolymer was studied using the method of differential scanning calorimetry. According to the results of differential scanning calorimetry, it was proved that the base and filled compositions up to 250⁰ C are thermally stable.

It has been determined that the temperature range of operation of polymer compositions is limited by the onset of destructive processes determined by the mass loss of the sample, and based on the values of the thermogravimetric curves of the original and filled compositions. It should be noted that the filling process leads to an expansion of the operating range from 197⁰ C to 250⁰ C, which is a fully acceptable material for production of footwear soles for special purposes in dry hot climates.

Ключевые слова: сополимер этилена с винилацетатом, суспензионный поливинилхлорид, дифференциальная сканирующая калориметрия, полимерный композит.

Keywords: ethylene-vinyl acetate copolymer, suspension polyvinyl chloride, differential scanning calorimetric, polymer composite.

Введение

При разработке рецептурно-технологических параметров изготовления низа обуви из композиций на основе суспензионного поливинилхлорида и сополимера этилена с винилацетатом методом литья под давлением на многопозиционных литьевых агрегатах необходимо учитывать влияние технологических факторов на качество готовых изделий.

Следует отметить, что разрабатываемые подошвенные материалы в максимальной степени должны удовлетворять требованиям высокопроизводительной технологии при обеспечении высокого качества выпускаемой продукции.

Большинство синтетических аморфных или кристаллических полимеров с повышением температуры переходит из одного физического состояния в другое. Значение температурных интервалов перехода является весьма важным фактором, позволяющим целенаправленно разрабатывать научно обоснованные рекомендации по

переработке и эксплуатации изделий из данного полимерного материала. Поэтому на данном этапе исследования является целесообразным выявление влияния состава и технологических параметров получения на термические свойства термопластичной полимерной композиции с целью установления оптимальных технологических параметров ее переработки и эксплуатации.

Методы исследования

В работе основными объектами исследования выбраны полимеры с близкими энергиями когезии: суспензионный поливинилхлорид марки 6346 М с торговым названием “поливинилхлорид суспензионный” производства АО “Навоийазот” г. Навоий (Республика Узбекистан), сополимер этилена с винилацетатом (содержание винилацетата 18%) с торговым названием “Сэвилен” производства АО “Оргсинтез” г. Казань (Россия), основные характеристики которых приведены в табл. 1, и смеси на их основе.

Т а б л и ц а 1

№ пп	Наименование показателей	СЭВА (ВА-18%)	ПВХ-С-6346-М
1	Внешний вид	гранулы	порошок
2	ГОСТ или ТУ	11507-70	14332-78
3	Молекулярная масса	30...500 тыс.	10...150
4	Параметры растворимости, (кал/см ³) ^{1/2}	8,4	9,4
5	Плотность, кг/м ³	0,944	1,34
6	Прочность при растяжении, МПа (не менее)	8,0	25
7	Относительное удлинение при разрыве, %	800...700	50
8	Остаточное удлинение при разрыве, %	Более 100	10
9	Теплостойкость по Вика, °С	100	150
10	Температура плавления, °С	125	150...220
11	Температура стеклования, °С		105
12	Степень кристалличности, %		10
13	Термостабильность по Конго при 180 °С, мин		190

Выбор суспензионного поливинилхлорида и сополимера этилена с винилацетатом в качестве основного объекта исследования обусловлен комплексом ценных свойств, возможностью получения на их основе термопластичной полимерной композиции и переработки в изделие на высокопроизводительных литьевых агрегатах, стабильной сырьевой базой и относительно низкой стоимостью данных полимеров [1, 2].

Полимерные композиции на основе смесей полимеров получали методом термомеханического смешения при определенных режимах в смесительной камере пластикордера фирмы “Брабендер” (Германия) модели PLV-651. Технические характеристики пластикордера:

- объем загрузки 60-600 см³;
- скорость вращения переднего ротора 2-150 об/мин;
- температура смесительной камеры 18-300 °С.

Пластикордер снабжен устройством для регистрации и записи крутящего момента на валу.

Технология изготовления полимерных смесей состоит из следующих операций:

1. Подготовка сырья и ингредиентов:

- сушка полимеров;
- размол скомковавшихся ингредиентов.

2. Смещение компонентов. Смешивание и расплавление термопласта с сополимером проводили в смесительной камере пластикордера при постоянном интенсивном перемешивании при температуре на 10-40°C выше температуры плавления термопласта в течение 2-6 мин.

3. Охлаждение и гранулирование:

- полученную гомогенную термопластичную смесь охлаждали на холодных вальцах;

- грануляцию осуществляли на грануляторе фирмы "Маррис" (Италия). В результате грануляции получили гранулы величиной 2-4 мм.

4. Повторная переработка. Для повышения гомогенности смеси проводили повторное расплавление композиции, охлаждение и гранулирование.

5. Образцы для испытаний получили методом прессования на вулканизационных прессах и методом литья на пластавтомате фирмы "Маррис" (Италия). Размер образцов для испытания 250x130x8 мм.

Исследование температурного диапазона превращений полимерной смеси проведено с использованием методов термического анализа дифференциальной сканирующей калориметрии и методов синхронного термического анализа [1-7].

Результаты и обсуждения

Анализ и обсуждения результатов ДСК исходных полимеров, их смесей и наполненных композитов проводились на приборе Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (Германия) с термопарой К-типа (Low RG Silver) и алюминиевыми тиглями. Все измерения проведены в инертной азотной атмосфере со скоростью потока азота 50 мл/мин. Температурный диапазон измерений составлял 25-400°C, скорость нагрева равнялась 5 К/мин. Количество образца на одно измерение 5-10 мг. Изме-

рительная система калибровалась стандартным набором веществ KNO₃, In, Bi, Sn, Zn [7].

Термический анализ представляет собой раздел материаловедения, изучающий изменение свойств материалов при изменении их температуры. Большинство физических и химических процессов, химических реакций сопровождается тепловыми эффектами, т. е. поглощением или выделением тепла, поэтому методы термического анализа применимы к очень большому числу систем. В основе всех методов термического анализа лежит наблюдение за материалом и измерение его характеристик в условиях программированного изменения температуры.

Практическое применение методов термического анализа почти не ограничено. Каждое соединение (за некоторыми исключениями) под влиянием нагревания подвергается физическим и химическим превращениям, характерным для данного соединения. Набор количественных характеристик этих превращений можно считать своеобразным "паспортом" соединения и, следовательно, использовать его для качественного и количественного анализа.

Дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК) применяли для исследования разных явлений и определения различных свойств полимеров и композитов, например:

- физических превращений [стеклование, фазовые переходы (например, плавление и кристаллизация), полиморфные превращения и т.д.];

- химических реакций [полимеризация, вулканизация и отверждение термореактивных материалов и т.д.];

- термоокислительной стабильности.

При анализе и обсуждении результатов ДСК исходных полимеров, их смесей и наполненных композитов использованы термины и определения по ГОСТ 55134-2012.

Интерпретация кривой ДСК с несколькими пиками не вызывает затруднений, если эти пики не перекрываются. Гораздо чаще кривые ДСК имеют перекрывающиеся ступени и/или пики. Кривые такого типа

являются следствием переходов или реакций, происходящих одновременно. В таких случаях можно использовать процедуру разделения кривых. Метод трудоёмок, поэтому идентифицировать каждый отдельный физический переход удаётся не всегда.

С целью определения физических явлений в смесях суспензионного поливинилхлорида и сополимера этилена с винилацетатом проведены термические исследова-

ния исходных полимеров и полимерной смеси методом ДСК. Экспериментально полученные кривые ДСК представлены на рис. 1 (кривые ДСК для исходных полимеров СЭВА-18 (а), поливинилхлорид суспензионный ПВХ-С-6346М (б) и смеси ПВХ-С:СЭВА в соотношении 85:15 (в)).

В табл. 2 представлены характеристические температуры исследованных полимеров и их смесей.

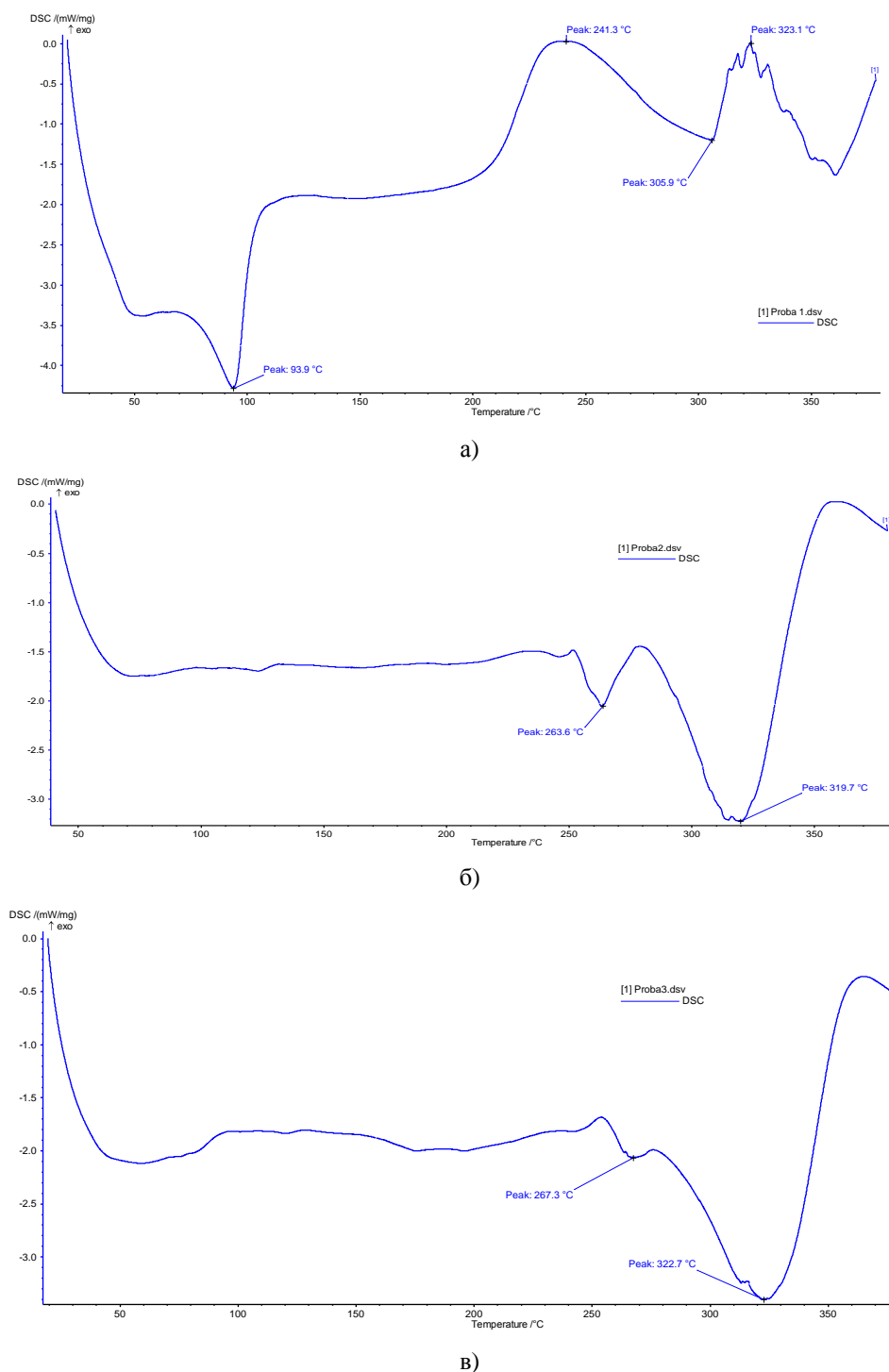


Рис. 1

СЭВА-18	ПВХ-С	Смесь ПВХ-С:СЭВА-18
93,9 (-)		97 (-)
		174 (-)
		198 (-)
		253 (+)
241,3 (+)	263,6 (-)	267,3 (-)
	273 (+)	279 (+)
305,9 (-)	319,7 (-)	322,7 (-)
323,1 (+)	357 (+)	362 (+)

Примечание. Характеристические температуры со знаком "+" указывают на экзотермический, со знаком "-" – на эндотермический характер пика.

Анализ кривой ДСК для СЭВА-18 (рис. 1, а) показывает, что эндотермический пик при температуре 55°C можно объяснить с позиций процесса расстеклования кристаллической фазы поливинилацетатных групп в составе СЭВА. Эндотермический пик при температуре 93,9°C перекрывает первый пик. Наличие этого пика и его глубина и характер объясняются процессом испарения влаги, сорбированной полярной группой винилацетата в сополимере ЭВА. В температурном интервале 130-190°C полимер термостабилен. При температуре выше 170°C согласно справочным данным начинается термоокислительная реакция поливинилацетата (при этом выделяется уксусная кислота), что объясняет появление экзотермического пика при 241,3°C на кривой ДСК. Отрицательный наклон кривой ДСК после прохождения пика характеризует снижение скорости реакции окисления винилацетатных групп сополимера. С повышением температуры начинаются деструктивные процессы в полиэтиленовой части макромолекулы сополимера. Максимум скорости реакции окисления полиэтиленовой фракции СЭВА наблюдается при температуре 323,1°C.

Анализ кривой ДСК для ПВХ-С-6346М (рис. 1, б) показывает, что базовая линия, проведенная в температурном диапазоне 70-252°C, представляет собой прямую линию, имеющую незначительный положительный наклон (разность высот между нижней и верхней точками составляет 0,2 mW/mg). Следовательно, в этой температурной области существенных изменений в исследуемом образце не происходит.

Небольшие отклонения кривой ДСК от базовой линии можно отнести на счет чистоты полимера. В температурной области от 252-273°C наблюдается экстремум, ограниченный во времени и температурой. Согласно справочным данным эта температурная область соответствует фазовому переходу от твердого состояния в вязкое. В области температур 252-263,6°C скорость плавления растет, в интервале 263,6-273°C – падает. Поливинилхлорид при нагревании склонен к разложению. В ходе разложения происходит выделение хлористого водорода HCl. Эндотермический пик с экстремумом при 319,7°C является подтверждением этого факта.

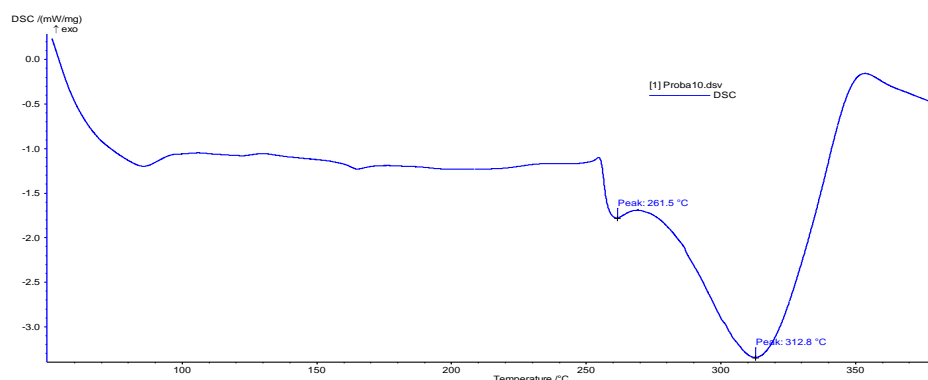
Анализ кривой ДСК для смеси ПВХ-С:СЭВА-18 (рис. 1, в) говорит, что при анализе результатов термического поведения чистых и наполненных смесей следует учитывать, что объемное соотношение компонентов в смеси ПВХ-С и СЭВА составляет 4 к 1 соответственно. Кривая ДСК смеси полимеров является суммой кривых компонентов смеси. За эндотермический пик в диапазоне 50-100°C отвечает СЭВА, происходит расстеклование кристаллической фазы поливинилацетатных групп и испарение сорбированной влаги. Наложение одного процесса на другой приводит к сглаживанию вершин пиков. В температурном интервале 100-200°C смесь термостабильна. Небольшие по значению эндотермические пики при температурах 174 и 198°C на кривых ДСК для СЭВА и ПВХ-С отсутствуют. Появление их на кривой смеси полимеров можно объяснить с позиции совместимости ПВХ-С и СЭВА. Можно предположить, что в этом температурном

диапазоне происходит разрушение межфазного слоя, образованного сегментами ПВХ-С и сегментами винилацетата СЭВА. Эндотермический пик смеси с вершиной при 267,3°С является результирующим эффектом между эндотермическим пиком для ПВХ-С при 263,6°С и экзотермическим пиком для СЭВА при 241,3°С.

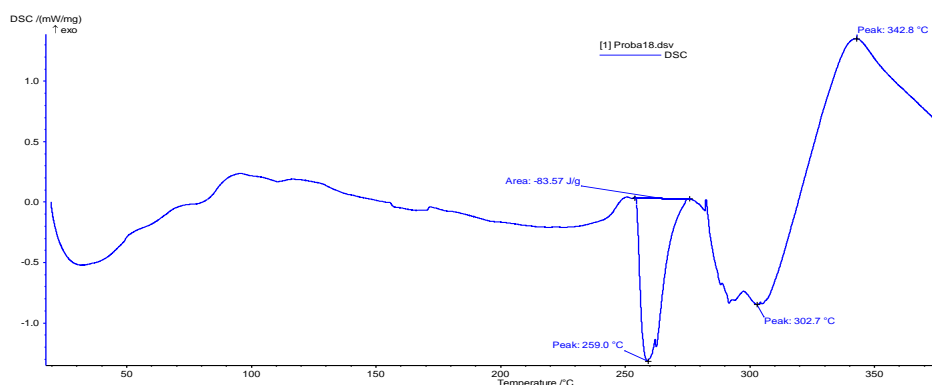
Эндотермический пик, характерный для ПВХ-С ($T=319,7^{\circ}\text{C}$), и эндотермический пик СЭВА ($T=305,9^{\circ}\text{C}$) в совокупности показали глубокий пик на кривой ДСК смеси при $T=322,7^{\circ}\text{C}$. Экзотермический пик для смеси ПВХ-С:СЭВА, обусловлен-

ный горением композиции, имеет сглаженную вершину при температуре 362°С.

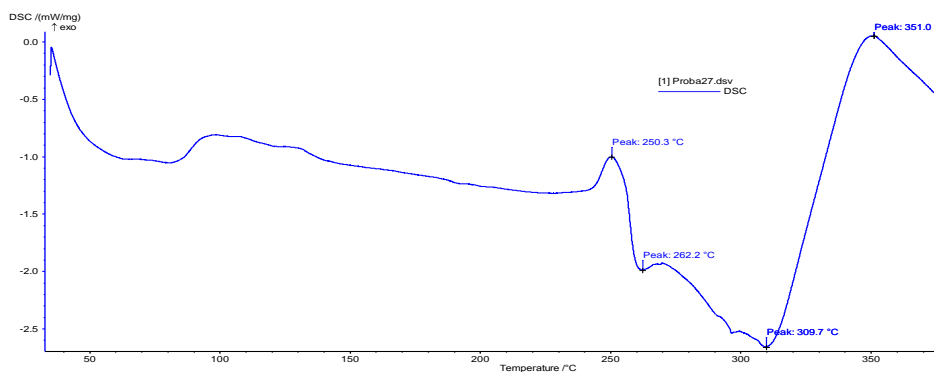
Экспериментальные кривые ДСК наполненных композиций на основе ПВХ-С:СЭВА приведены на рис. 2 (ДСК анализ наполненных полимерных смесей: № 1 – на основе ПВХ-С:СЭВА-18:М:К:Т:ПЭВ:ПМ:ЭД (а); № 2 – на основе ПВХ-С:СЭВА-18:Т:ПЭВ:ДБФ:ЭД (б); № 3 – на основе ПВХ-С:СЭВА-18:М:К:Т:ПЭВ:ДБФ (в), где М – мел, К – каолин, Т – тальк, ПЭВ – полиэтиленовый воск, ПМ – парафиновое масло, ЭД – эпоксидная смола, ДБФ – дибутилфталат).



а)



б)



в)

Рис. 2

В табл. 3 представлены характеристические температуры исследованных поли-

меров и смеси.

Т а б л и ц а 3

Смесь ПВХ-С:СЭВА	Наполненные полимерные композиции		
	№ 1	№ 2	№ 3
97 (-)			
174 (-)			
198 (-)			
253 (+)	255 (+)	255 (+)	250,3 (+)
267,3 (-)	261,5 (-)	259,0 (-)	262,2 (-)
279(+)		275 (+)	
		292 (-)	
322,7 (-)	312,8 (-)	302,7 (-)	309,7 (-)
362 (+)	350 (+)	342,8 (+)	351,0 (+)

Введение наполнителей в состав полимерной смеси сглаживает кривую ДСК на начальном участке вплоть до 250°C. На ДСК кривой наполненного образца №2 выделяется ступень (T=259,0°C) эндотермического процесса, связанного, по-видимому, с плавлением, сублимацией или испарением наполнителя.

ВЫВОДЫ

Таким образом, исходя из результатов дифференциальной сканирующей колориметрии можно сказать, что разработанный полимерный материал на основе отечественного суспензионного поливинилхлорида и сополимера этилена с винилацетатом является приемлемым для изготовления подошв обуви специального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липатова Ю.С. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем. Киев: Наукова думка. 1986. 376 с.
2. Андрианова Г.П. и др. Химия и физика высокомолекулярных соединений в производстве искусственной кожи, кожи и меха. М.: Легпромбытиздат, 1987. 464 с.
3. Тейтельбаум Б.Я. Термомеханический анализ полимеров. М.: Наука, 1989. 236 с.
4. Темникова Н.Е., Русанова С.Н. Термохимические исследования этиленовых сополимеров // Вестник Казанского технологического университета. 2020. С. 109...113.
5. Самуйлова Е.О., Ситникова В.Е., Белухичев Е.В. Термические свойства полимерных композиций на основе поливинилхлорида и полигидросибутирата // Известия СПбГТИ(ТУ). 2019. №48(74). С. 120...125.

6. Golubeva O., Pogorelova A. Analysis of the quality of modern polymer materials of sole // XIV International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2021". 2021. Vol. 273.

7. Борисова В.А., Егоров А.А. Исследование стабильности полимерных композитов на основе эпоксидной матрицы и астраленов при воздействии повышенных температур // Безопасность техногенных и природных систем. 2020. №4. С. 30...38.

8. Харанудько Ю.В., Тимошина Ю. Анализ структурных изменений модифицированных полиэтиленовых пленок методом дифференциальной сканирующей калориметрии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 5–11.

9. Musaev S.S., Samieva G.O. Optimization of values of technological parameters for obtaining thermoplastic polymer composition for bottom shoes // REVISTA, Leather and Footwear Journal. Bucharest, Romania, Europe. Vol. 21, No. 4, 2021. P. 247...256.

10. Musaev S.S., Samieva G.O. Determination of one indicators of the quality of shoe sources of the understanding materials // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6. Issue 9, September 2019. P.10865...10869.

11. Musaev S.S., Samieva G.O. The study of thermodynamic compatibility of polymers // EPRA International Journal of Research & Development (IJRD). Impact Factor: 7.001. Vol. 5. Issue 5, May 2020. P. 411...420.

12. Musaev S.S., Samieva G.O., Majidov Z.Z. Investigation of the Possibility of using Suspended Polyvinyl Chloride and Ethylene – vinyl Acetate Copolymer to Produce a Thermoplastic Polymer Composition // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. Vol. 8. No.10, October 2020. P. 7105...7110.

REFERENCES

1. Lipatov Yu.S. Physical chemistry of multicomponent polymer systems. Kyiv: Science thought, 1986. 376 p.

2. *Andrianova G.P.* Chemistry and physics of macromolecular compounds in the production of artificial skin, leather and fur. M.: Legprombytizdat, 1987. 464 p.

3. *Teitelbaum B.Ya.* Thermomechanical analysis of polymers. M.: Nauka, 1989. 236 p.

4. *Temnikova N.E., Rusanova S.N.* Thermochemical studies of ethylene copolymers // *Vestnik Kazan Technological University*. 2020. P. 109...113.

5. *Samuylova E.O., Sitnikova V.E., Belukhichev E.V.* Thermal properties of polymer composites and polyvinyl chloride and polyhydroxybutyrate // *Izvestia SPbGTI(TU)*. 2019. №48(74). P. 120...125.

6. *Golubeva O., Pogorelova A.* Analysis of the quality of modern polymer materials of sole // XIV International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2021". 2021. Vol. 273.

7. *Borisova V.A., Egorov A.A.* Investigation of the stability of polymer composites based on epoxy matrix and astralenes under the influence of elevated temperatures // *Safety of technogenic and natural systems*. 2020. No. 4. P. 30...38.

8. *Kharapudko Yu.V., Timoshina Yu.* Analysis of structural changes in modified polyethylene films by differential scanning calorimetry // *Technology and quality*. 2022. No. 1(55). 5...11 p.

9. *Musaev S.S., Samieva G.O.* Optimization of values of technological parameters for obtaining thermoplastic polymer composition for bottom shoes // *REVISTA, Leather and Footwear Journal*. Bucharest, Romania, Europe. Vol. 21, No. 4, 2021. P. 247...256.

10. *Musaev S.S., Samieva G.O.* Determination of one indicators of the quality of shoe sources of the understanding materials // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 6. Issue 9, September 2019. P.10865...10869.

11. *Musaev S.S., Samieva G.O.* The study of thermodynamic compatibility of polymers // *EPRA International Journal of Research & Development (IJRD)*. Impact Factor: 7.001. Volume 5. Issue 5, May 2020. P. 411...420.

12. *Musaev S.S., Samieva G.O., Majidov Z.Z.* Investigation of the Possibility of using Suspended Polyvinyl Chloride and Ethylene – vinyl Acetate Copolymer to Produce a Thermoplastic Polymer Composition // *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. Vol. 8. No.10, October 2020. P. 7105...7110.

Рекомендована кафедрой технологии и дизайна изделий из кожи Бухарского инженерно-технологического института. Поступила 18.05.23.

УДК 539.384

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_243

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КОМПОЗИЦИОННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ ФАБРИК

CALCULATION FEATURES OF COMPOSITE REINFORCED CONCRETE WALL PANELS OF INDUSTRIAL BUILDINGS OF TEXTILE FACTORIES

О.А. КОРОЛЬ, Е.Н. ДЕГАЕВ, Б.Е. НАРМАНИЯ

O.A. KOROL, E.N. DEGAEV, B.E. NARMANIA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: degaev@inbox.ru

Строительство основных производственных площадей текстильной промышленности в период стремительного развития отрасли осуществлялось с применением сборной панельной системы из элементов заводского изготовления, монтируемых на строительной площадке. Для ограждающих конструкций таких зданий нашли широкое применение композиционные железобетонные конструкции из легких бетонов. Легкие бетоны за счет своей низкой плотности имеют хорошие теплозащитные характеристики, что важно для предприятий текстильной промышленности, где требуется строгий температурно-влажностный режим, обусловленный

технологией производства. При эксплуатации в различных климатических условиях наружные стеновые панели испытывают температурные деформации. В статье выполнен численный расчет изгибающих моментов, возникающих при перепаде температур, для панелей различной толщины. Выявлено, что изгибающие моменты панелей длиной 9000 и 12000 мм при увеличении толщины с 250 мм до 350 мм возрастают в 1,1-1,13 раза при перепаде температуры $\Delta\theta=45$ °С. Изгибающие моменты панелей длиной 3000 и 6000 мм при изменении толщины панелей увеличиваются в пределах 1,03-1,1 раза.

The construction of the main production areas of the textile industry during the period of rapid development of the industry using a prefabricated panel system of factory-made elements mounted on the construction site was carried out. Composite reinforced concrete structures made of light concrete have been widely used for the enclosing structures of such buildings. Light concretes due to their low density have good thermal protection characteristics, which is important for textile industry enterprises, where a strict temperature and humidity regime is required due to the production technology. When used in various climatic conditions, the external wall panels experience temperature deformations. The paper presents a numerical calculation of bending moments arising from temperature differences for panels of various thicknesses. It was revealed that the bending moments of panels with a length of 9000 and 12000 mm increase by 1.1-1.13 times with an increase in thickness from 250 mm to 350 mm at a temperature drop of $\Delta\theta = 45$ °C. The bending moments of panels with a length of 3000 and 6000 mm increase in the range of 1.03-1.1 times when the thickness of the panels changes.

Ключевые слова: наружные композиционные железобетонные стеновые панели, напряженно-деформированное состояние, температурный перепад, температурные деформации.

Keywords: external wall panels, stress-strain state, temperature difference, temperature deformations.

Введение

Строительство основных производственных площадей текстильной промышленности пришлось на период 1960-1980 гг. стремительного развития отрасли [1]. По действующим в тот период нормативам проектирования здания должны были проектироваться одноэтажными или многоэтажными с сеткой колонн 6x6 м, 9x6 м, 12x6 м, 18x6 м, 18x12 м и высотой 4,8 м, 6 м, 7,2 м, 8,4 м [2].

Наружные стены зданий текстильной промышленности могут изготавливаться из кирпича, однослойных керамзитобетонных панелей и многослойных железобетонных панелей с эффективным утеплителем. Выбор толщины наружных стен устанавливается теплотехническим расчетом

из условий энергосбережения и может быть 250, 300 и 350 мм [2].

Для каркасно-панельных зданий наружные стены состоят из навесных панелей с замоноличенными стыками, в которых, помимо продольных температурных усилий и деформаций, возникают усилия и деформации при наличии перепада температуры по толщине $\Delta\theta$. В процессе эксплуатации стеновых панелей также будет присутствовать эксцентриситет e_a , обусловленный неточностью производства и монтажа конструкций.

Панели крепятся к внутренним конструкциям (колоннам) с помощью поперечных связей, в которых при перепаде температуры по толщине $\Delta\theta$ и эксцентриситете e_a могут возникать усилия, вызы-

вающие смещения, а в самих панелях – изгибающие моменты [1-5].

Величина температурного перепада по толщине панели напрямую зависит от времени года и климатической зоны эксплуатации объекта [1-8].

Авторами ряда методических разработок предлагается усилия в связях, изгибающие моменты в панелях, а также прогибы панелей, углы поворотов сечений панели и раскрытие стыков определять из рассмотрения панельной стены как многопролетной статически неопределимой балки переменной жесткости [4-16].

Исследования в данной области в основном направлены на прогнозирование и определение изгибающих моментов, а также разработку расчетных моделей нестандартных железобетонных конструкций в конкретном регионе строительства [5-10].

В данной статье выполнено численное исследование влияния температурного перепада на изгибающие моменты стеновых панелей различной толщины эксплуатируемых производственных зданий текстильной промышленности в широком диапазоне температур.

Методы исследования

При расчете учитывается температурный режим эксплуатации зданий текстильной промышленности, который в зависимости от производственного цеха может быть от 18 до 27 °С [2].

$$\begin{aligned} & \frac{c_{n-1}}{\ell_{n-1}\ell_n} M_{n-2} + \left[\frac{\ell_n}{6B_n} - \frac{c_{n-1}}{\ell_n} \left(\frac{1}{\ell_{n-1}} + \frac{1}{\ell_n} \right) - \frac{c_n}{\ell_n} \left(\frac{1}{\ell_n} + \frac{1}{\ell_{n+1}} \right) \right] M_{n-1} + \\ & + \left[\frac{\ell_n}{3B_n} + \frac{\ell_{n+1}}{3B_{n+1}} + \frac{c_{n-1}}{\ell_n^2} + c_n \left(\frac{1}{\ell_n} + \frac{1}{\ell_{n+1}} \right)^2 + \frac{c_{n+1}}{\ell_{n+1}^2} \right] M_n + \\ & + \left[\frac{\ell_{n+1}}{6B_{n+1}} - \frac{c_{n+1}}{\ell_{n+1}} \left(\frac{1}{\ell_{n+1}} + \frac{1}{\ell_{n+2}} \right) \right] \cdot M_{n+1} + \frac{c_{n+1}}{\ell_{n+1}\ell_{n+2}} M_{n+2} = \\ & = -\frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_n \Delta \theta^{(n)}}{h_n} \ell_n + \frac{\alpha_{n+1} \Delta \theta^{(n+1)}}{h_{n+1}} \ell_{n+1} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

где c_{n-1} ; c_n ; c_{n+1} – упругая податливость опор, определяется по обобщенным опытным данным; α_n ; α_{n+1} ; h_n ; h_{n+1} – коэффициенты температурного расширения и толщина балки в n и $n+1$ пролетах; M_{n-2} ; M_{n-1} ; M_n ; M_{n+1} ; M_{n+2} – искомые опорные моменты.

$$\ell'_n M_{n-1} + 2(\ell'_n + \ell'_{n+1}) M_n + \ell'_{n+1} M_{n+1} = -3(M_{\theta,n} \ell'_n + M_{\theta,n+1} \ell'_{n+1}), \quad (3)$$

При выполнении численных исследований принимаются следующие допущения [4, 5]:

1) замоноличенные стыки панелей работают на изгиб как армированные балки на двух опорах;

2) расчетная длина стыка ℓ_c принимается равной ширине поддерживающей конструкции (стена, рама и т. п.);

3) расчетная длина панели ℓ_n соответственно равна:

$$\ell_n = \ell_i - \ell_c, \quad (1)$$

где ℓ_i – расстояние между осями поддерживающих конструкций, служащих опорами панелей (поперечных стен, колонн).

Изгибная жесткость панелей B_n и стыков B_c определяется как для армированных однослойных бетонных сечений с учетом пластических свойств бетона с трещинами. Сопряженные со стенами поддерживающие конструкции и поперечные связи обладают определенной упругой податливостью, которую следует учитывать в расчетах [3, 4].

В наиболее общем случае, т. е. когда опоры неразрезной балки обладают различной податливостью, температурные усилия, возникающие при изменении перепада температуры по толщине $\Delta\theta$, находятся из решения системы k уравнений вида (для n -й опоры) [3-6]:

Для случая жестких опор температурные моменты определяют из решения системы уравнений (2), полагая c_{n-1} , c_n и т. д. равными нулю, что приводит к решению системы трехчленных уравнений:

где ℓ'_n, ℓ'_{n+1} – приведенные пролеты, равные:

$$\ell'_n = \ell_n/B_n; \ell'_{n+1} = \frac{\ell_{n+1}}{B_{n+1}}, \quad (4)$$

$M_{\theta,n}, M_{\theta,n+1}$ – эквивалентные температурные моменты n и $n+1$ пролетов, равные:

$$M_{\theta,n} = \frac{\alpha_n \Delta \theta_n}{h_n} B_n; M_{\theta,n+1} = \frac{\alpha_{n+1} \Delta \theta_{n+1}}{h_{n+1}}. \quad (5)$$

Поперечные силы Q и опорные реакции R определяются по формулам:

$$Q_n = \frac{M_n - M_{n-1}}{\ell_n}; R_n = Q_{n+1} - Q_n. \quad (6)$$

Стены зданий с регулярной конструктивной схемой состоят из панелей одинаковых геометрических размеров и жесткости. Температурные градиенты таких панелей и стыков примерно одинаковые, что позволяет принять приближенно:

$$M_{\theta,n} = \frac{\alpha_n \Delta \theta_n}{h_n} B_n; M_{\theta,c} = \frac{\alpha_c \Delta \theta_c}{h_c} B_c. \quad (7)$$

Температурные прогибы в середине панели u_n и углы поворотов на опорах ψ_n при перепаде температуры по толщине находятся по формулам:

$$u_n = \left(\frac{\alpha_n \Delta \theta_n}{h_n} + \frac{M_{n-1} + M_n}{2B_n} \right) \frac{\ell_n^2}{8}; \quad (8)$$

$$\psi_{n-1} = \frac{\alpha_n \Delta \theta_n \ell_n}{2h_n} + \frac{\ell_n}{6B_n} (2M_{n-1} + M_n); \quad (9)$$

$$\psi_n = \frac{\alpha_n \Delta \theta_n \ell_n}{2h_n} + \frac{\ell_n}{6B_n} (M_{n-1} + 2M_n); \quad (10)$$

где M_{n-1} и M_n определяются из решения системы уравнений (2), (3).

Усилия, прогибы и углы поворота, возникающие в панелях и стыках при наличии эксцентриситета продольной силы e_N , определяются по формулам (2-10) путем замены в них выражения эквивалентного температурного момента при перепаде температуры по толщине M_θ выражением изгибающего момента при наличии эксцентриситета [3]:

$$M_N = -N_n e_N, \quad (11)$$

где N_n – продольное усилие в панели, кН; e_N – эксцентриситет продольной силы N_n , принимается равным расстоянию между центрами тяжести площадей армированных сечений панели и стыка с учетом наличия трещин.

При совместном действии на стены перепада температуры $\Delta \theta_n$ и продольной силы N_n с эксцентриситетом e_N усилия, прогибы и углы поворота панелей и стыков на опорах суммируются на основании принципа независимости действия сил. При этом возможны два случая работы вертикальных стыков панелей при изгибе с растяжением [3, 7-12]:

1 случай, когда в бетоне замоноличивания стыка сквозные трещины не образуются (имеется сжатая зона);

2 случай, когда сквозные трещины возникают (сжатая зона бетона отсутствует).

Случай работы стыков при изгибе с растяжением определяется в соответствии с условиями:

1-й случай:

$$|c_c N_n| \leq (h_c - a_c) \psi_{c,2}, \quad (12)$$

2-й случай:

$$|c_c N_n| \geq (h_c - a_c) \psi_{c,2}. \quad (13)$$

Для практических расчетов панельных стен на указанные воздействия представляют интерес три наиболее характерных способа закрепления наружных стеновых панелей к внутренним конструкциям зданий (стенам, колоннам, перекрытиям).

Ниже приведены формулы для вычисления суммарных значений моментов M_i , опорных реакций R_i и углов поворота панелей на упругих опорах φ_i при совместном действии перепада температуры $\Delta \theta$ и эксцентриситета продольной силы e_N для второго случая работы стыков при изгибе и указанных способов закрепления панелей [3, 13, 14].

Моменты $M_i = M_i^\theta + M_i^N$ рассчитываются по следующим формулам:

$$M_{n-1,c} = 0; \quad (14)$$

$$M_{n-1,\Pi} = M_N; \quad (15)$$

$$M_{n,\Pi} = -(M_\theta + M_N) \left[\frac{m_2 - m_5}{m_1 + m_5} + 1 \right] + M_N; \quad (16)$$

где $M_{n-1,c}$ – изгибающий момент в стыке на опоре n-1; $M_{n-1,\Pi}$, $M_{n,\Pi}$ – то же в панели соответственно на опорах n-1 и n.

Опорные реакции $R_i = R_i^\theta + R_i^N$ рассчитываются по формуле:

$$R_{n-1,c} = -R_n = -(M_\theta + M_N) \frac{m_3}{\ell_n(m_1 + m_5)}; \quad (17)$$

где R_{n-1} , R_n – опорные реакции панелей (усилия в поперечных связях) на опорах n-1 и n.

Углы поворота на опорах $\varphi_i = \varphi_i^\theta + \varphi_i^N$ рассчитываются по следующим формулам:

$$\varphi_{n-1} = (M_\theta + M_N) \frac{\ell_n}{2B_n} \cdot \frac{m_5 + 1}{m_1 + m_5}; \quad (18)$$

$$\varphi_n = -(M_\theta + M_N) \frac{\ell_n}{2B_n} - \frac{(1-2s)(m_2 - m_5)}{m_1 + m_5}, \quad (19)$$

где φ_{n-1} , φ_n – углы поворота панелей на опорах n-1 и n; $M_\theta = M_{\theta,n} M_N$ – эквивалентный и изгибающий моменты при наличии перепада температуры по толщине и эксцентриситета продольной силы, определяются по формулам (7) и (11); s – безразмерный коэффициент, принимается равным: для панелей без промежуточных опор в пролете $s=1$; с одной или двумя промежуточными опорами $s=0,5$:

$$0 < s = \frac{\ell_s}{\ell_n} < 0,5,$$

где ℓ_s – расстояние от крайней опоры до промежуточной опоры панели; ξ , ζ , η – относительные значения коэффициентов соответственно температурного расширения, изгибных жесткостей и длины панелей и стыков, вычисляются по формулам:

$$\xi = \frac{\alpha_c}{\alpha_n}; \zeta = \frac{B_n}{B_c}; \eta = \ell_c / \ell_n, \quad (20)$$

где B_n , B_c – изгибные жесткости соответственно панелей и стыков; α_c , α_n – коэффициенты температурного расширения панелей и стыков; m_1 , m_2 , m_3 , m_5 – безраз-

мерные коэффициенты, вычисляются по формулам:

$$m_1 = \frac{3-4s}{s(2-3s)}; \quad (21)$$

$$m_2 = \frac{1}{2-3s}; \quad (22)$$

$$m_3 = \frac{3(1-s)}{s^2(2-3s)}; \quad (23)$$

$$m_5 = \frac{6\varepsilon}{s^3(2-3s)}; \quad (24)$$

где ε – коэффициент, учитывающий влияние упругой податливости опор панели, вычисляется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{(c_0 + c_1)B_n}{\ell_n^3}, \quad (25)$$

где c_0 , c_1 – коэффициенты упругой податливости соответственно крайней и промежуточной опоры.

Для жестких опор ($c_0 = c_1 = 0$) коэффициенты ε и m_5 равны нулю. Для этого случая ниже приведены формулы для вычисления суммарных значений M_i , R_i и φ_i панелей на жестких опорах. Эти формулы могут быть также использованы для приближенных расчетов панелей на упругих опорах [3, 12-16].

Моменты $M_i = M_i^\theta + M_i^N$ рассчитываются по следующим формулам:

$$M_{n-1,c} = 0; \quad (26)$$

$$M_{n-1,\Pi} = M_N; \quad (27)$$

$$M_{n,\Pi} = -(M_\theta + M_N) \left[\frac{m_2}{m_1} + 1 \right] + M_N. \quad (28)$$

Опорные реакции $R_i = R_i^\theta + R_i^N$ рассчитываются по следующей формуле:

$$R_{n-1,c} = -R_n = -(M_\theta + M_N) \frac{m_3}{\ell_n m_1}. \quad (29)$$

Углы поворота на опорах $\varphi_i = \varphi_i^\theta + \varphi_i^N$ рассчитываются по следующим формулам:

$$\varphi_{n-1} = (M_\theta + M_N) \frac{\ell_n}{2m_1 B_n}; \quad (30)$$

$$\varphi_n = -(M_\theta + M_N) \frac{\ell_n}{2m_1 B_n} - \frac{1-2s}{2-3s}. \quad (31)$$

Для панелей с незамоноличенными стыками или при отсутствии в стыке продольных связей изгибная жесткость стыка B_c может быть равной нулю. Соответствующие значения изгибающих моментов, опорных реакций и углов поворота панелей на опорах в таких случаях определяются по формулам (14-31).

Результаты и обсуждения

Рассчитаны изгибающие моменты однослойных панелей из легких бетонов ($\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$) длиной 3000, 6000, 9000, 12000 мм и толщиной 250, 300 и 350 мм при температурных перепадах $\Delta\theta$ от 0°C до 45°C с шагом 5°C . Значения изгибной жесткости панелей B_n представлены в табл. 1.

Таблица 1

Длина панели, м	Толщина панели, мм		
	250	300	350
	$B_n, \text{ МПа}\cdot\text{м}^4$		
3,0	3,40	5,27	7,57
6,0	3,69	5,67	8,10
9,0	3,83	5,87	8,35
12,0	3,93	6,00	8,51

Для сокращения трудоемкости определения изгибающих моментов M_{n-1} разработана номограмма (рис. 1) для панелей длиной 3000, 6000, 9000, 12000 мм и тол-

щиной 250, 300, 350 мм, которая позволяет определить их графическим способом и рационально подобрать геометрические характеристики стеновых панелей [9].

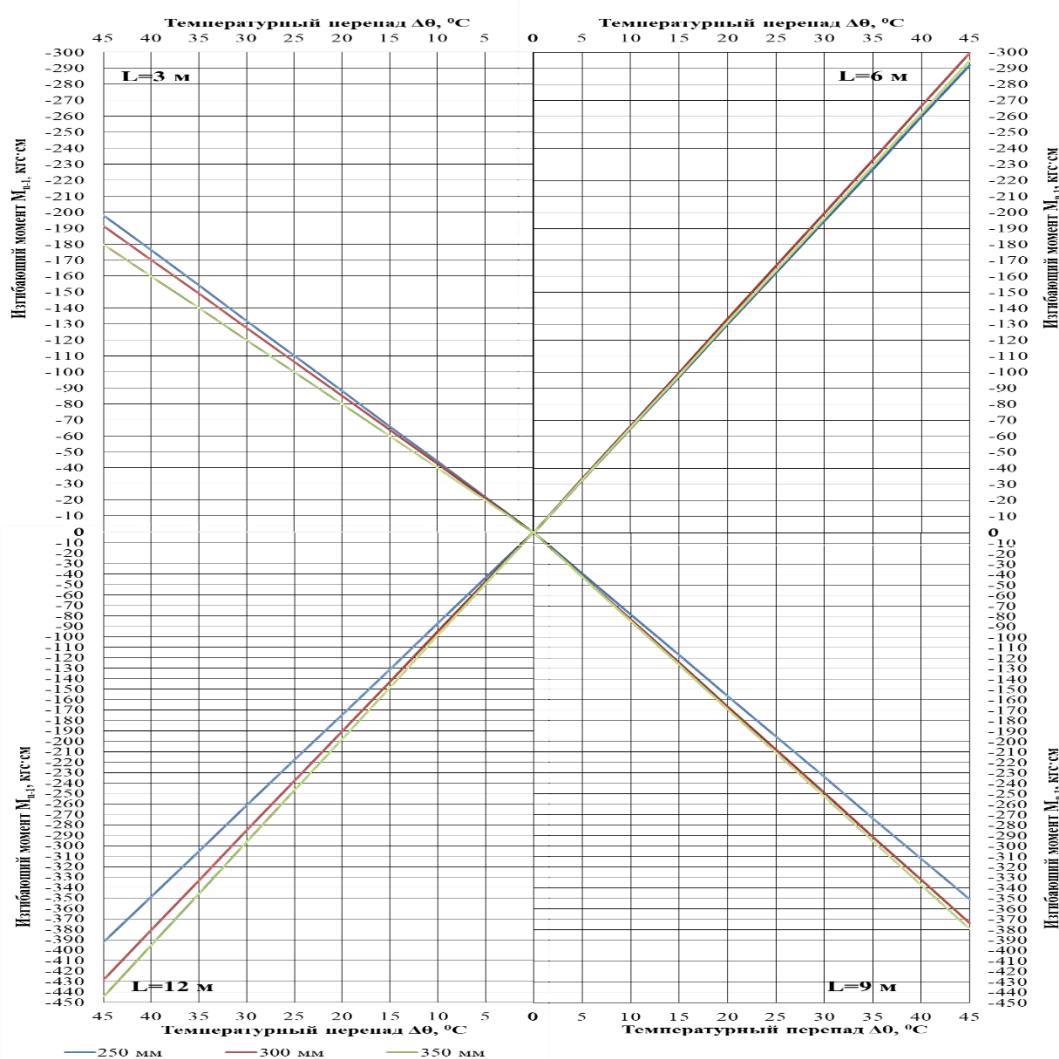


Рис. 1

Для нахождения изгибающих моментов необходимо проложить вертикальную линию от оси X (или X') до графика, находящегося в зоне, соответствующей высоте этажа. От точки пересечения необходимого графика прокладывается горизонтальная линия до оси Y (или Y'), на которой и будет указано значение изгибающего момента M_{n-1} для искомой панели с заданным температурным перепадом. Точность номограммы обусловлена ее шкалами. Для нахождения изгибающих моментов температурных перепадов, не кратных 5°C, необходимо воспользоваться методом интерполяции известных промежуточных значений.

ВЫВОДЫ

Безопасная эксплуатация производственных зданий текстильной промышленности связана с необходимостью учета не только силовых нагрузок, но и климатических воздействий, в первую очередь температурных перепадов между внутренними помещениями и наружной стеной.

С этой целью рассчитаны изгибающие моменты однослойных панелей из легких бетонов с различной толщиной для температурных перепадов $\Delta\theta$ от 0 °C до 45 °C. Выявлено, что изгибающие моменты панелей длиной 9000 и 12000 мм при увеличении толщины с 250 мм до 350 мм возрастают в 1,1-1,13 раза при перепаде температуры $\Delta\theta=45$ °C. Изгибающие моменты панелей длиной 3000 и 6000 мм при изменении толщины панелей увеличиваются в пределах 1,03-1,1 раза.

Для определения изгибающих моментов M_{n-1} панелей длиной 3000, 6000, 9000, 12000 мм и толщиной 250, 300, 350 мм графическим способом разработана номограмма, позволяющая интенсифицировать процесс принятия решения о выборе рациональных геометрических параметров наружных стеновых панелей, эксплуатируемых в различных климатических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Король, Е.А.* Верификация температуры воздуха рабочих зон на предприятиях текстильной

промышленности / Е.А. Король, Е.Н. Дегаев, Б.Е. Нармания // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6(402). С. 189...194. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_6_189.

2. *Руководство по проектированию антикоррозионной защиты строительных конструкций производственных зданий предприятий текстильной промышленности.* М.: НИИЛШ Госстроя СССР, 1980. 89 с.

3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

4. *Кочетов, О.С.* Построение графиков изополя изгибающего момента в программном комплексе SOFiStiK / О.С. Кочетов, В.А. Булаев, И.В. Булаев // Динамика взаимоотношений различных областей науки в современных условиях: сб-к статей Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 13 ноября 2017 года. Уфа: Аэтерна, 2017. Ч. 2. С. 78...80.

5. *Готман, А.Л.* Расчет пирамидальных свай на горизонтальную нагрузку и изгибающий момент с учетом действия вертикальной нагрузки / А.Л. Готман, С.А. Крутяев // Construction and Geotechnics. 2022. Т. 13, № 3. С. 28...39. – DOI 10.15593/2224-9826/2022.3.03.

6. *Азизов, Т.Н.* Определение изгибающих и крутящих моментов в ортотропной плите как в системе из перекрестных балок / Т.Н. Азизов // Sciences of Europe. 2022. № 87-1(87). С. 61...63. – DOI 10.24412/3162-2364-2022-87-1-61-63.

7. *Булгакова, З.Р.* Устойчивость железобетонного изгибаемого элемента (балки) под действием равномерно распределенного изгибающего момента / З.Р. Булгакова // Молодой ученый. 2017. № 19(153). С. 40...43.

8. *Кузнецов, В.С.* Прочность ребристых плит при совместном действии крутящего, изгибающего моментов и поперечной силы / В.С. Кузнецов, С.Н. Мягкова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2010. № 6(137). С. 43...44.

9. *Король, Е.А.* Особенности расчета стеновых панелей с монолитной связью слоев на стадиях монтажа, транспортирования и эксплуатации / Е.А. Король, М.Н. Берлинова // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14, № 3(126). С. 367...375. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.3.367-375.

10. *Paliychuk I.I.* Calculation of stretching and bending stress in a casing string installed in a well with a complex profile. Prospecting and Development of Oil and Gas Fields. – DOI: 10.31471/1993-9973-2019-1(70)-77...88.

11. *Menglim Hoy, Artit Udomchai, Chakkrid Yeanyong, Suksun Horpibulsuk, Arul Arulrajah.* Stability investigation of the flood protection structure at Nava Nakorn industrial estate, Thailand, Engineering Failure Analysis, Vol. 137, 2022. – <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106279>.

12. *Комаров, В.А.* Консольные опоры железобетонных ригелей при совместном действии вертикальных сил и опорного изгибающего момента /

В.А. Комаров, О.В. Болдырева, А.Н. Жуков // Региональная архитектура и строительство. 2013. №3. С. 128...133.

13. *Истомин, А.Д.* Работа статически неопределимых железобетонных элементов в условиях отрицательных температур / А.Д. Истомин, А.В. Кудрявцев // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 51...55.

14. *Барабанищikov, Ю.Г.* Трещиностойкость железобетонной стенки в условиях стесненной основой температурной деформации / Ю.Г. Барабанищikov, К.В. Семенов, С.С. Зимин [и др.] // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 8(71). С. 51...62. – DOI 10.18720/CUBS.71.5.

15. *Истомин, А.Д.* Влияние массивности конструкций на температурные деформации бетона при циклическом замораживании и оттаивании / А.Д. Истомин, Е.Н. Александров // Наука и техника в дорожной отрасли. 2018. № 1(83). С. 31...32.

16. *Плотников, А.А.* Учет температурных воздействий при проектировании несущих конструкций / А.А. Плотников // Жилищное строительство. 2021. № 11. С. 21...26. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-11-21-26.

REFERENCES

1. *Korol E.A., Degaev E.N. and Narmania B.E.* Verification of air temperature in working areas at textile enterprises // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. No. 6 (402). P. 189...194. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_6_189.

2. Guidelines for the design of anti-corrosion protection of building structures of industrial buildings of textile industry enterprises. M., NIILSH Gosstroy USSR, 1980. 89 p.

3. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions.

4. *Kochetov O.S., Bulaev V.A., Bulaev I.V.* Plotting the bending moment isofield in the SOFiSTiK software package // Dynamics of relations of different fields of science in modern conditions: collection of articles of the International Scientific-practical conference, Ufa, November 13, 2017. Ufa: Aeterna, 2017. Part 2. P. 78...80.

5. *Gotman A.L., Krutyaev S.A.* Calculation of pyramidal piles for horizontal load and bending moment, taking into account the effect of vertical load // *Construction and Geotechnics*. 2022. T. 13, No. 3. P. 28...39. – DOI 10.15593/2224-9826/2022.3.03.

6. *Azizov T. N.* Determination of bending and torque moments in an orthotropic slab as in a system of cross beams // *Sciences of Europe*. 2022. No. 87-1(87). P. 61...63. – DOI 10.24412/3162-2364-2022-87-1-61-63.

7. *Bulgakova Z.R.* Stability of a reinforced concrete bending element (beam) under the action of a uniformly distributed bending moment // *Young scientist*. 2017. No. 19 (153). P. 40...43.

8. *Kuznetsov V.S., Myagkova S.N.* Strength of ribbed plates under the combined action of torsional, bending moments and transverse force // *Construction materials, equipment, technologies of the XXI century*. 2010. No. 6 (137). P. 43...44.

9. *Korol E.A., Berlinova M.N.* Calculation features of wall panels with a monolithic connection of layers at the stages of installation, transportation and operation // *Vestnik MGSU*. 2019. T. 14, No. 3 (126). P. 367...375. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.3.367-375.

10. *Paliychuk I.I.* Calculation of stretching and bending stress in a casing string installed in a well with a complex profile. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*. DOI: 10.31471/1993-9973-2019-1(70)-77-88.

11. *Menglim Hoy, Artit Udomchai, Chakkrid Yeanyong, Suksun Horpibulsuk, Arul Arulrajah.* Stability investigation of the flood protection structure at Nava Nakorn industrial estate, Thailand, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 137, 2022. – <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106279>.

12. *Komarov V.A., Boldyreva O.V., Zhukov A.N.* Cantilever supports of reinforced concrete crossbars under the combined action of vertical forces and a support bending moment // *Regional Architecture and Construction*. 2013. No. 3. P. 128...133.

13. *Istomin A.D., Kudryavtsev A.V.* Work of statically indeterminate reinforced concrete elements under negative temperatures // *Industrial and civil construction*. 2016. No. 7. P. 51...55.

14. *Barabanshchikov Yu.G., Semenov K.V., Zimin S.S. [et al.]* Crack resistance of a reinforced concrete wall under conditions of thermal deformation constrained by the base // *Construction of unique buildings and structures*. 2018. No. 8(71). P. 51...62. – DOI 10.18720/CUBS.71.5.

15. *Istomin A.D., Aleksandrov E.N.* Influence of massiveness of structures on temperature deformations of concrete during cyclic freezing and thawing // *Science and Technology in the Road Industry*. 2018. No. 1 (83). P. 31...32.

16. *Plotnikov A.A.* Accounting for temperature effects in the design of load-bearing structures // *Housing construction*. 2021. No. 11. P. 21...26. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-11-21-26.

Рекомендована кафедрой жилищно-коммунального комплекса НИУ МГСУ. Поступила 20.06.23.

МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ШЛАНГОВ ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ С ТЕКСТИЛЬНЫМ КОРДОМ*

METHODS OF FIBRE-REINFORCED MULTI-LAYER COMPOSITE HOSES WITH TEXTILE CORD MANUFACTURING

М.С. МИХАЙЛОВ^{1, 2}, А.П. ТИТОВА¹, С.В. ХЕЙЛО³, Э.П. САРИЕВ⁴

M.S. MIKHAILOV^{1, 2}, A.P. TITOVA¹, S.V. KHEILO³, E.P. SARIEV⁴

¹МИРЭА – Российский технологический университет,

²Институт конструкторско-технологической информатики РАН,

³Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

⁴ООО "СЕВЕРМАШ")

¹RTU MIREA,

²IDTI RAS,

³Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art)

⁴ООО "SEVERMASH")

E-mail: mikhailov.mms@yandex.ru

На сегодняшний день насосные агрегаты получили широкое распространение во многих областях промышленности. В сферах, где необходима транспортировка жидких сред в изолированных условиях или нужно обеспечить их дозирование, применяются перистальтические насосные агрегаты. Конструкция такого насосного агрегата предоставляет возможность для перекачивания и дозировки различных сред с сохранением их физико-химических свойств. Актуальной проблемой перистальтических насосов является износ эластичного элемента, так как при работе шланг и прижимные элементы образуют пару трения, что приводит к быстрому изнашиванию данных конструктивных элементов. В связи с этим целью настоящей работы является определение оптимального технологического метода изготовления шланга повышенной износостойкости (ШПИ) для перистальтического насоса. В работе представлен анализ существующих на данный момент способов изготовления шлангов, на основе которого разработаны рекомендации по изготовлению ШПИ, позволяющие продлить срок службы перистальтического насосного агрегата.

Pumps are now widely used in many areas of industry. In areas where it is necessary to transport liquid media in isolated conditions or where their dosing needs to be ensured, peristaltic pumping units are used. The design of the pump enables it to pump and dispense various media while maintaining their physical and chemical properties. The actual problem of peristaltic pumps is the wear and tear of elastic elements, because during operation the hose and clamping elements form a friction pair, which leads to fast wear and tear of these elements. The aim of the

*Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по проекту № 075-11-2022-027 по теме: «Создание высокотехнологичного серийного производства перистальтических насосных агрегатов для агрессивных сред с повышенными эксплуатационными свойствами».

work is to determine the optimal technological method of manufacturing a hose with increased abrasion resistance. The paper presents an analysis of the currently existing methods of manufacturing hoses, on the basis of which recommendations for the manufacture of hose with increased abrasion resistance were developed, allowing to prolong the service life of the pump as a result.

Ключевые слова: перистальтический насосный агрегат, шланг с повышенной износостойкостью, шланг, вулканизация, технология изготовления шланга.

Keywords: peristaltic pumping unit, peristaltic pump, hose with increased abrasion resistance, hose, vulcanizing, hose technology.

Введение

В настоящее время насосы получили широкое применение [1, 2]. Их используют для транспортировки различных сред практически во всех областях промышленности [3-5]. Выбор применяемого насоса зависит от состава транспортируемой среды. Для перекачивания лекарств, растворов, химически активных, вязких и абразивных сред наиболее подходящим является перистальтический насосный агрегат (ПНА) [6-7]. Он состоит из опорной рамы, электродвигателя, узла крепления, перистальтического насоса и панели управления [8]. Главным преимуществом ПНА является отсутствие контакта среды с конструктивными элементами насоса [9, 10]. Помимо достоинств он имеет и недостатки, главным из них является износ эластичного элемента [11]. Именно поэтому требуется разрабатывать шланги повышенной износостойкости.

ШПИ должен выдерживать высокое давление, создаваемое рабочей средой, многократное сжатие и расширение, при этом сохранять свойство гибкости [12]. Достигается это путем подбора материала и технологии изготовления.

ШПИ можно изготавливать различными методами: прокладочный, навивочный, оплеточный, обмоточный и спиральный. Технология изготовления состоит из следующих этапов:

– подготовительные операции, включающие в себя подготовку основных конструктивных материалов для осуществления процесса получения конструкции ШПИ;

– вспомогательные операции, предназначенные для подготовки вспомогательного оборудования и материалов для дальнейшего осуществления процесса оплетки и армирования (металлической или текстильной нитью) [13];

– основные операции, включающие в себя экструзию конструкционного материала, оплетку армирующего слоя, наложение сквиджа, вулканизацию полученной заготовки, процесс охлаждения и выбивку оснастки (дорна).

Соблюдение данной технологии позволяет увеличить рабочий ресурс шланга.

В работе определяется технология изготовления многослойной конструкции ШПИ, предназначенного для использования в ПНА, позволяющая увеличить долговечность шланга.

Описание технологических процессов изготовления шланга

В зависимости от конструкции шланги изготавливают на дорне, без дорна, а также на гибком дорне.

Дорн представляет собой металлический цилиндр, на котором производится изготовление, сборка и вулканизация изделий из резин. Дорновый способ при изготовлении многослойных шлангов применяют в том случае, когда имеются высокие требования к точности размеров.

Получение шлангов на гибких дорнах позволяет изготавливать шланги, длина которых может составлять до 250 м.

Бездорновый способ позволяет изготавливать шланги неограниченной длины.

Технология изготовления шлангов разделяется на следующие основные виды технологических процессов:

1. Прокладочный процесс получения шланга.

Процесс получения конструкции ШПИ осуществляется преимущественно дорновым способом, в котором конструкция шланга состоит из резиновых и силовых слоев в виде ткани, пропитанной резиной и нарезанной под углом 45° (рис. 1 – общий вид шланга прокладочной конструкции).



Рис. 1

К недостаткам прокладочных шлангов относится: необходимость использования в качестве армирующего слоя подготовленных армирующих тканей, неполное использование прочностных свойств ткани, увеличение диаметра и укорочение шланга под давлением, меньшая гибкость, больший вес в сравнении со шлангами оплеточной конструкции.

2. Навивочный процесс получения шланга.

Изготовление шланга осуществляется бездорновым способом. Конструкция такого шланга состоит из попарно навитых слоев резины и металлических или текстильных нитей (рис. 2 – общий вид шланга навивочной конструкции). Внутренний слой шланга формируют отдельно, предварительно подвулканизовывая, для предотвращения продольной и радиальной деформации внутреннего слоя и прорезания его стенок нитями при навивке.



Рис. 2

Данные шланги хорошо воспринимают динамические нагрузки, так как не имеют переплетений, ввиду этого также исключается возможность перетираания силовых элементов. Это особенно важно при использовании в качестве силовых элементов проволоки.

Однако использование подобной технологии является сложным дорогостоящим технологическим процессом, требующим точности и строгой синхронизации скоростей движения внутреннего слоя.

3. Оплеточный процесс получения шланга.

Получение шлангов оплеточной конструкции может осуществляться на гибком дорне, а также дорновым и бездорновым способом. Силовой каркас такого шланга состоит из одной или нескольких оплеток из текстильных или металлических нитей, наложенных под постоянным углом 45° . Между оплетками вводится промежуточный сквидж для повышения адгезионной прочности и упругих свойств. По сравнению со шлангами навивочной конструкции при одинаковой прочности на изготовление ШПИ методом оплетки расходуется на 30% меньше армирующих материалов, также такой шланг получается более гибким. Общий вид шланга оплеточной конструкции представлен на рис. 3.

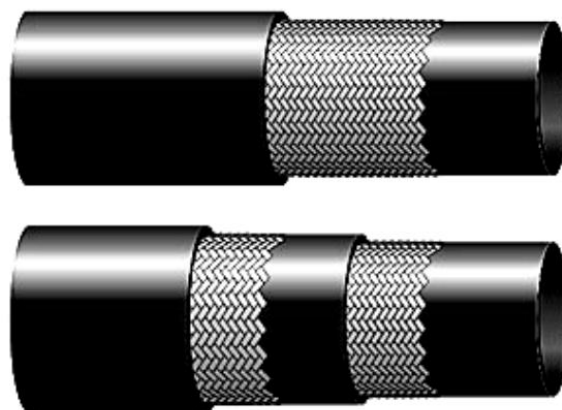


Рис. 3

В шлангах двухоплеточной конструкции прочность каждой оплетки по отдельности составляет половину прочности однооплеточного шланга. Преимуществом данной конструкции является то, что при по-

явлении просвета между потоками нитей в одном слое дефект вряд ли повторится во втором слое в том же месте.

Выбор данной технологии обусловлен конструкцией разрабатываемого шланга. Технология оплетки является наиболее подходящей и имеет множество преимуществ:

- можно выполнять несколько оплеток и другие операции сборки шланга на одном потоке;

- шланги более гибкие и имеют меньшую массу, т. к. состоят из одного-трех ниток оплетки;

- изготовление шланга на гибком дорне позволяет получать длинные шланги без отклонения от заданных параметров по всей длине.

4. Обмоточный процесс получения шланга.

Обмоточные шланги изготавливаются дорновым способом.

Для получения ШПИ технологическим процессом обмотки для повышения жесткости и упругости шланга необходимо использовать металлическое армирование. Это обусловлено тем, что шланги, изготавливаемые методом обмотки, обычно имеют два противоположно направленных слоя обмотки из обрезиненной слабоуточной или безуточной ткани (чаще всего разреженной). Для повышения адгезионных свойств спирали и основного полимерного материала внутреннего и внешнего слоя используют клеящий сквидж (рис. 4 – общий вид шланга обмоточной конструкции).

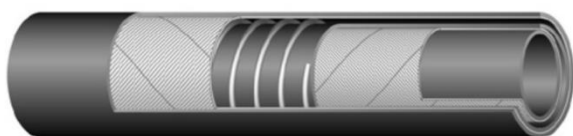


Рис. 4

Однако, несмотря на промежуточный склеивающий слой, такая конструкция является ненадежной из-за слабой адгезии металла и основного материала внешнего и внутреннего слоя. Также применение силового металлического армирования для поддержания прочностных характеристик

не соответствует требованиям, предъявляемым к конструкции ШПИ, и не позволяет использовать такую конструкцию в устройстве ПНА.

5. Спиральный процесс получения шланга.

Спиральная намотка осуществляется дорновым способом. Технологический процесс получения шлангов методом спиральной намотки подразумевает использование проволочной спирали, которая предохраняет от деформации шланг при действии местных нагрузок (рис. 5 – общий вид шланга спиральной конструкции).

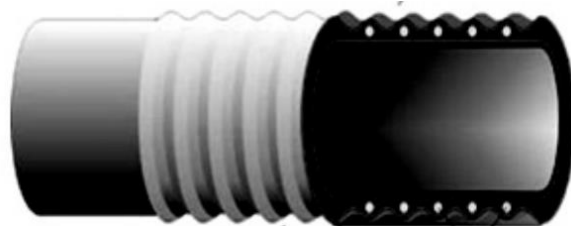


Рис. 5

Использование более тонкой проволоки для изготовления спирали делает шланг более гладким и изгибостойким. Для изготовления спирали применяют стальную проволоку без покрытия или оцинкованную проволоку диаметром от 0,6 до 6 мм. Длина шланга не превышает 20 м, так как его можно изготавливать только на жестких дорнах.

При любом технологическом методе изготовления шланга завершающим процессом является вулканизация в автоклаве.

Процесс вулканизации периодический, состоит из следующих этапов: загрузки аппарата, закрытия крышки, повышения температуры и давления в автоклаве, далее происходит выдержка изделий при постоянной температуре, снижение давления, открытие крышки и выгрузка изделий.

При данном методе дорны с забинтованными шлангами укладывают в котловые тележки и загружают в автоклав. Напуск пара производится одновременно в четырех местах, это нужно для обеспечения равномерного прогрева котла. Время полного цикла зависит от характеристик

шланга и температурных параметров процесса и составляет около 1,5 часа.

Недостаток данного метода (неравномерность распределения температуры в котле) нивелируется установкой змеевиков, которые обеспечивают прогрев боковых и нижних сторон.

Благодаря данному процессу значительно улучшаются физико-механические свойства шланга, повышается способность к сохранению эластичности при воздействии широкого диапазона температур. Применительно к разрабатываемой конструкции ШПИ наиболее подходящим является использование гибкого дорна, что увеличивает эффективность производства.

Результаты и обсуждения

Результатами данной работы являются рекомендации по получению многослойной конструкции ШПИ.

В качестве основы для производства конструкции ШПИ, состоящей из внутреннего и внешнего слоя, армированной нейлоновым кортом со связующим материалом сквиджа, выбран технологический процесс оплетки, включающий в себя:

1. Подготовительные операции:

– пропитка армирующего нейлонового волокна (корда) смесью латексов с резорцинформальдегидной смолой для обеспечения большей адгезии, сцепления и склейки с внутренними и внешними слоями ШПИ;

– перемотка нитей корда на шпули в катушки на тростильных станках для дальнейшей намотки на заготовку внутреннего слоя ШПИ.

2. Вспомогательные операции:

– очистка и обработка дорна от загрязнений для дальнейшего нанесения внутреннего слоя ШПИ из полимерного конструкционного материала;

– приготовление эмульсии полисилоксановой жидкости для обработки дорна перед нанесением внутреннего слоя.

3. Основные операции:

– экструзия внутреннего слоя заготовки ШПИ на дорн с помощью червячных машин холодного питания с удлиненным червяком и вакуум-отсосов;

– охлаждение внутреннего слоя для обеспечения равномерной последующей оплетки армирующим слоем;

– оплетка армирующего слоя нейлоновым подготовленным волокном методом оплетки под углом $\pm 45^\circ$ посредством шпульной оплеточной машины;

– наложение сквиджа из полимерного конструкционного материала основы заготовки ШПИ на каждый слой армирующего нейлонового волокна;

– экструзия внешнего слоя на заготовку ШПИ с помощью червячных машин холодного питания с удлиненным червяком и вакуум-отсосов;

– наложение бандажа на внешний слой заготовки ШПИ для последующего проведения вулканизации заготовок;

– вулканизация заготовок ШПИ;

– охлаждение заготовок ШПИ в холодной воде в течение 10-20 минут;

– снятие бандажа с заготовок ШПИ;

– разбандажирование заготовок ШПИ на разбинтовочном станке для последующего извлечения дорна;

– извлечение дорна из заготовки ШПИ.

Процесс вулканизации заготовок ШПИ включает в себя следующие операции:

– установка заготовок на транспортировочную траверсную тележку в 4-5 рядов;

– разогревание автоклава до температуры 135-140 °С для последующей вулканизации заготовок ШПИ;

– установка траверсной тележки с заготовками ШПИ в автоклав для последующей вулканизации;

– закрытие автоклава и подача горячего пара во внутреннюю полость вулканизационного котла при помощи парораспределительной трубы автоклава;

– выдержка заготовок шланга в автоклаве для вулканизации ШПИ при температуре 143-151 °С;

– извлечение заготовок ШПИ из автоклава.

В Ы В О Д Ы

Проведен анализ существующих методов изготовления шлангов. Сформированы рекомендации по технологии изготовления

многослойной конструкции ШПИ. Данная технология позволяет производить шланги с увеличенной долговечностью и обеспечить равнопрочность конструкции, тем самым повышая рабочий ресурс всей конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Esin A.* Transportation and metering of fluids // *Transporting Operations of Food Materials Within Food Factories.* 2023. P. 97...154.
2. *Ивличева Е.А.* Основные сведения о насосах. Классификация насосов // *Наука через призму времени.* 2019. № 4(25). С. 14...15.
3. *Xiao S., Nefodov D., Richter M., Wördemann M., Urbaneck T.* Large heat pumps with hot water store in local heating systems – Investigation of operation strategies // *Journal of Energy Storage.* 2023. V. 63.
4. *Sadjjadi B.S., Gerdes J.-N., Sauer A.* Energy flexible heat pumps in industrial energy systems: A review // *Energy Reports.* 2023. V. 9. P. 386...394.
5. *Haller T., Beuntner N., Gutsch H., Thienel K.-C.* Challenges on pumping infra-lightweight concrete based on highly porous aggregates // *Journal of Building Engineering.* 2023. V. 65.
6. *Davis J.J., Padalino M., Kaplitz A.S., Murray G., Foster S.W., Maturano J., Grinias J.P.* Utility of low-cost, miniaturized peristaltic and Venturi pumps in droplet microfluidics // *Analytica Chimica Acta.* 2021. V. 1151.
7. *Ухачев К.С., Беляев С.Д., Свердлик А.А., Панкратов А.Н., Адамович Б.А., Шимко Ю.Н., Миняев М.В., Устюгов В.А.* Технологии дозации химических реагентов // *Водоочистка.* 2021. № 10. С. 18...21.
8. Пат. 387138 Союз Советских Социалистических Республик. Насос перистальтического типа. № 1637203/24-6; заявл. 22.03.71; опубл. 21.06.73.
9. *Forouzandeh F., Arevalo A., Alfadhel A., Borkholder D.A.* A review of peristaltic micropumps // *Sensors and Actuators A: Physical.* 2021. V. 326.
10. *McIntyre M.P., van Schoor G., Uren K.R., Kloppers C.P.* Modelling the pulsatile flow rate and pressure response of a roller-type peristaltic pump // *Sensors and Actuators A: Physical.* 2021. V. 325.
11. *Гришин А.И., Лепешкин А.В.* Исследование существующих конструкций насосов перистальтического принципа действия // *Известия МГТУ «МАМИ».* 2021. № 4(50). С. 9...17.
12. *Saunier J., Yagoubi N.* Investigating the static or dynamic flexural and compressive stresses on flexible tubing: Comparison of clamp and peristaltic pump impact on surface damages and particles leaching during infusion acts // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* 2021. V. 123.
13. *Козлова О.В., Якунин Н.А., Конищева М.В.* Улучшение эксплуатационных свойств полиамидных нитей нанесением полимеров-модификаторов

// *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.* 2007. № 5(301). С. 41...44.

REFERENCES

1. *Esin A.* Transportation and metering of fluids // *Transporting Operations of Food Materials Within Food Factories.* 2023. P. 97...154.
2. *Ivlicheva E.A.* Basic information about pumps. Classification of pumps // *Science through the prism of time.* 2019. № 4(25). P. 14...15.
3. *Xiao S., Nefodov D., Richter M., Wördemann M., Urbaneck T.* Large heat pumps with hot water store in local heating systems – Investigation of operation strategies // *Journal of Energy Storage.* 2023. V. 63.
4. *Sadjjadi B.S., Gerdes J.-N., Sauer A.* Energy flexible heat pumps in industrial energy systems: A review // *Energy Reports.* 2023. V. 9. P. 386...394.
5. *Haller T., Beuntner N., Gutsch H., Thienel K.-C.* Challenges on pumping infra-lightweight concrete based on highly porous aggregates // *Journal of Building Engineering.* 2023. V. 65.
6. *Davis J.J., Padalino M., Kaplitz A.S., Murray G., Foster S.W., Maturano J., Grinias J.P.* Utility of low-cost, miniaturized peristaltic and Venturi pumps in droplet microfluidics // *Analytica Chimica Acta.* 2021. V. 1151.
7. *Ukhachev K.S., Belyaev S.D., Sverdlikov A.A., Pankratov A.N., Adamovich B.A., Shimko Yu.N., Minyaev M.V., Ustyugov V.A.* Chemical dosing technologies // *Vodoochistka.* 2021. № 10. С. 18...21.
8. Pat. 387138 Union of Soviet Socialist Republics. Pump peristaltic type. № 1637203/24-6; app. 22.03.71; publ. 21.06.73
9. *Forouzandeh F., Arevalo A., Alfadhel A., Borkholder D.A.* A review of peristaltic micropumps // *Sensors and Actuators A: Physical.* 2021. V. 326.
10. *McIntyre M.P., van Schoor G., Uren K.R., Kloppers C.P.* Modelling the pulsatile flow rate and pressure response of a roller-type peristaltic pump // *Sensors and Actuators A: Physical.* 2021. V. 325.
11. *Grishin A.I., Lepeshkin A.V.* Study of existing designs of peristaltic pumps // *Izvestiya MSTU «МАМИ».* 2021. № 4(50). P. 9...17.
12. *Saunier J., Yagoubi N.* Investigating the static or dynamic flexural and compressive stresses on flexible tubing: Comparison of clamp and peristaltic pump impact on surface damages and particles leaching during infusion acts // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* 2021. V. 123.
13. *Kozlova O.V., Yakunin N.A., Konycheva M.V.* Improving the operational properties of polyamide yarns by applying modifier polymers // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2007. № 5(301). P. 41...44.

Рекомендована ИКТИ РАН. Поступила 06.07.23.

**К РАСЧЕТУ ПРОЦЕССА ВИБРОСЕПАРАЦИИ
НА СИТОВЫХ ТКАНЯХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ
С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЧАСТИЦ МЕЛКИХ ФРАКЦИЙ**

**TO THE CALCULATION OF THE VIBRATION SEPARATION PROCESS
ON SIEVE FABRICS OF BULK MATERIALS
WITH A HIGH CONTENT OF FINE PARTICLES**

В.А. ОГУРЦОВ, Ю.В. ХОХЛОВА, А.П. АЛЕШИНА, А.В. ОГУРЦОВ

V.A. OGURTZOV, Yu.V. KHOKHLOVA, A.P. ALESHINA, A.V. OGURTZOV

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: ogurtzovvawork@mail.ru, hohjul@mail.ru, annaricci89@mail.ru, shishok85@mail.ru

Рассматривается нелинейная математическая модель отсева сыпучего материала с высоким содержанием частиц мелких фракций на вибрирующих ситовых тканях. Модель использует математический аппарат теории цепей Маркова. Учитываются механические свойства и конструктивные параметры просеивающей поверхности, размер и форма отверстий ситового полотна, способ переплетения нитей. В отличие от линейных моделей матрица переходных вероятностей учитывает зависимость скорости сегрегации мелкой фракции к поверхности тканого полотна сита от фракционного состава окружающего ее материала. Показано, что линейные модели дают завышенный результат степени извлечения частиц мелких фракций от времени отсева. Кинетика вибросепарации, рассчитанная по предлагаемой нелинейной модели, соответствует реальному процессу.

A nonlinear mathematical model of sieving of bulk material with a high content of fine particles on vibrating sieve fabrics is considered. The model uses the mathematical apparatus of Markov chain theory. The mechanical properties and design parameters of the sifting surface, the size and shape of the holes of the screen cloth, the method of interweaving the threads are taken into account. In contrast to linear models, the transition probability matrix takes into account the dependence of the rate of segregation of a fine fraction to the surface of a woven screen cloth on the fractional composition of the surrounding material. It is shown that linear models give an overestimated result of the degree of extraction of particles of small fractions from the sieving time. The kinetics of vibration separation calculated according to the proposed nonlinear model corresponds to the real process.

Ключевые слова: фракционирование, ситовое тканое полотно, мелкодисперсный сыпучий материал, сегрегация, диффузия.

Keywords: fractionation, screen woven fabric, fine bulk material, segregation, diffusion.

Процесс вибрационного разделения по крупности тонкоизмельченных сыпучих продуктов на тканых сетках из эластичных синтетических мононитей является одним из наиболее часто используемых способов выделения фракций определенных размеров [1-3]. Этот метод рассева материалов широко применяется в строительстве, химико-фармацевтической промышленности и сельском хозяйстве для фракционирования строительных материалов, отсева посторонних крупных включений из фармацевтических субстанций, сортировки кормовых культур.

С целью повышения эффективности работы вибрационных сепараторов и выбора рациональных режимов их работы предлагается построение математической модели процесса, позволяющей без трудоемких экспериментальных изысканий получать информацию о его важных характеристиках.

Линейные модели исследуемого процесса на основе теории цепей Маркова предложены в работах [2, 4]. Однако эти модели адекватно описывают кинетику промышленного пофракционного разделения мелкодисперсных сыпучих материалов, когда содержание частиц, размер которых меньше размеров отверстий ситовой ткани, не превышает 50% [2]. В данном исследовании рассматривается марковская нелинейная модель процесса вибросепарации сыпучих материалов с высоким содержанием частиц мелких фракций, когда их содержание может достигать 95%. Модель учитывает зависимость скорости сегрегации мелочи к поверхности тканого полотна сита от фракционного состава окружающего ее материала.

Схематично процесс вибросепарации и его ячейечная модель с возможными вариантами переходов материала из ячейки представлены на рис. 1.

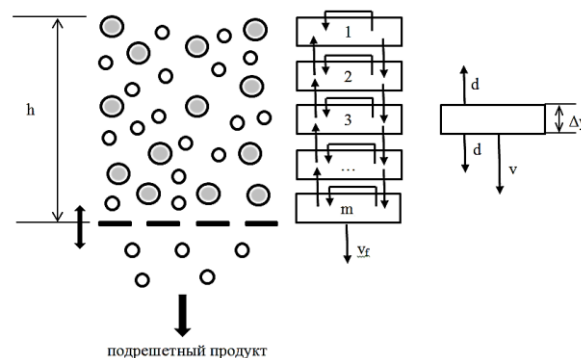


Рис. 1

Слой материала по высоте разбит на m ячеек идеального перемешивания высотой $\Delta y = h/m$. Считается, что максимальное содержание фракции в ячейке равно единице. Процесс наблюдается в дискретные моменты времени $t_k = (k-1)\Delta t$, где k – номер перехода, Δt – продолжительность перехода. В течение времени перехода частицы могут перейти в соседние ячейки (вверх или вниз) или остаться в ячейке. Направления возможных переходов из ячейки показаны на рис. 1 стрелками. Под воздействием вибрации мелкая фракция сегрегирует к поверхности сита с одновременным диффузионным перемешиванием частиц. Очевидно, что вероятность перемещения частиц вниз к поверхности сита будет больше, чем вероятность перемещения частиц вверх. Из этих вероятностей можно выделить диффузионную составляющую d и конвективную составляющую v (безразмерная скорость сегрегации), которые связаны с реальными характеристиками процесса соотношениями $d = D\Delta t / \Delta y^2$ и $v = V\Delta t / \Delta y$, где D – коэффициент макро-диффузии, а V – размерная скорость сегрегации [2].

В произвольный момент времени распределение содержания мелкой фракции по ячейкам характеризуется вектором-столбцом S^k :

$$S^k = \begin{pmatrix} S_1^k \\ S_2^k \\ \dots \\ S_{m-1}^k \\ S_m^k \end{pmatrix}. \quad (1)$$

$$S^{k+1} = P \cdot S^k, \quad (2)$$

С течением времени состояние этого вектора меняется в соответствии с равенством

$$P = \begin{pmatrix} 1-d-v_1^k & d & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ d+v_1^k & 1-2d-v_2^k & d & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & d+v_2^k & 1-2d-v_3^k & d & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1-2d-v_m^k & d \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & d+v_m^k & 1-d \end{pmatrix} \quad (3)$$

Пусть скорость сегрегации мелкой фракции в ячейку без мелкой фракции максимальна и равна v_0 . При этом скорость сегрегации мелкой фракции в ячейку линейно зависит от содержания этой фракции в этой ячейке, то есть

$$v_i^k = v_0(1 - S_{i+1}^k). \quad (4)$$

Переходная матрица, элементы которой содержат скорости сегрегации, не являющиеся постоянными от ячейки к ячейке, становится зависящей от текущего вектора состояния. Таким образом, модель, описывающая процесс вибросепарации, является нелинейной.

Выход мелкой фракции в подрешетный продукт может быть описан за пределами матрицы P следующим образом. Пусть на каждом временном переходе после воздействия на вектор состояния S^k матрицей P из нижней ячейки цепи выводится доля v_{fk} содержащейся в ней мелкой фракции, то есть ее выход составляет

$$q^{k+1} = S_m^{k+1} v_f^k, \quad (5)$$

а оставшаяся в ней доля мелкой фракции равна

$$S_m^{k+1} := S_m^{k+1}(1 - v_f^k), \quad (6)$$

где $:=$ – оператор присваивания.

где P – матрица переходных вероятностей, которая для закрытого сита имеет вид:

Вероятность выхода частиц из последней ячейки в подситовое пространство представляет собой безразмерную скорость проникновения частиц через отверстия ситовой ткани и определяется ее физико-механическими свойствами и конструктивными параметрами [4-8].

Полный выход мелкой фракции за $(k+1)$ переход определяется по формуле

$$Q^{k+1} = \sum_0^{k+1} q^{k+1}, \quad (7)$$

а его относительное значение по отношению к первоначальному содержанию этой фракции, являющееся искомой степенью извлечения ε , вычисляется как

$$\varepsilon^{k+1} = \frac{Q^{k+1}}{C_0 m}, \quad (8)$$

где C_0 – относительное содержание мелкой фракции в сырье.

Результаты вычислительных экспериментов с моделью представлены на рис. 2, где показано различие эволюции распределения содержания проходовой фракции по высоте слоя для двух случаев – линейной и нелинейной модели ($d = 0,05$; $v_0 = 0,02$; $v_f = 0,05$, $C_0 = 0,85$). В начальный момент времени частицы этой фракции равномерно распределены в ячейках слоя. Весь слой разбит по высоте на десять ячеек. При неограниченном переносе

частиц мелкой фракции в направлении сита (линейная модель) выявляется физическое противоречие – в примыкающих к ситам ячейках оказывается материала больше, чем предельное значение емкости ячеек. На рис. 2, а видно, что содержание проходимых частиц в ячейке, находящейся над ситом,

значительно превышает единицу. Этого не происходит в нелинейной модели. В нижних ячейках может скопиться материала больше, чем было ранее, но никогда его содержание не превзойдет предельной емкости ячеек.

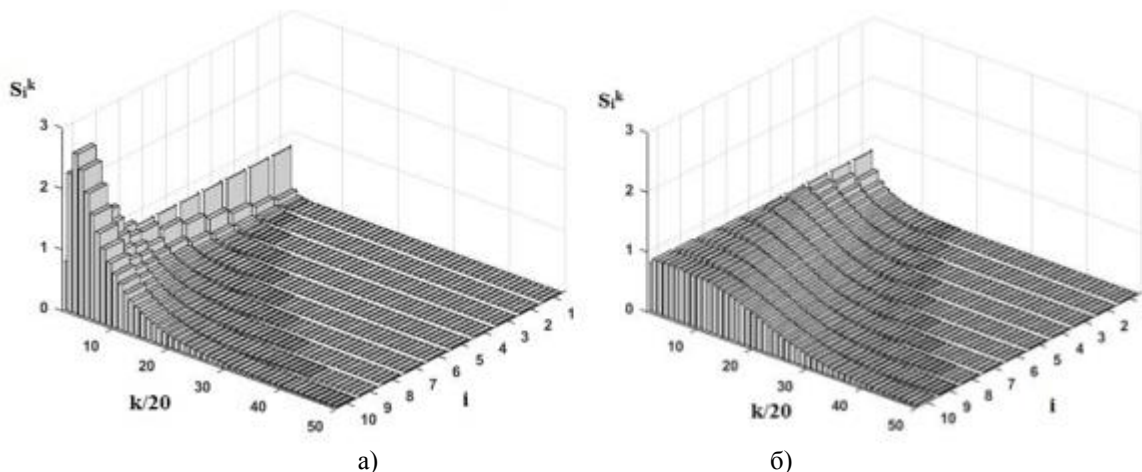


Рис. 2

Кинетика извлечения, рассчитанная при тех же значениях параметров модели, что и для рис. 2, представлена на рис 3.

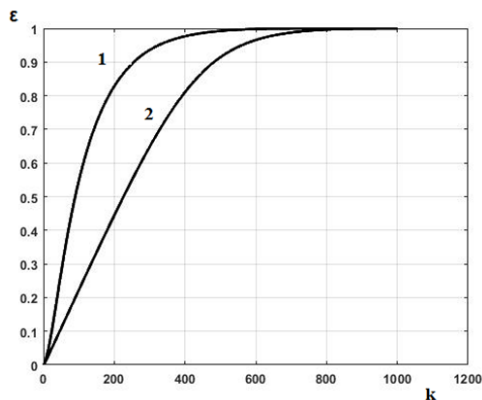


Рис. 3

Изменение поведения движения материала в слое оказывает влияние на выход мелкой фракции в подрешетный продукт. Сравнивая кривые кинетики 1, рассчитанной по линейной модели, и кинетики 2, рассчитанной по нелинейной модели, следует отметить, что в случае линейной модели результаты извлечения значительно завышены в сравнении с нелинейной.

Предложенная марковская нелинейная модель вибросепарации и ее программные приложения, реализованные в среде MATLAB, с помощью стохастических коэффициентов позволяют учитывать как многообразие физико-механических свойств мелкодисперсных материалов, так и различные параметры вибрации тканых сеток при расчете кинетики процесса. При этом могут меняться варианты подачи сыпучего материала на просеивающую поверхность классификатора.

ВЫВОДЫ

Предлагаемая нелинейная модель кинетики виброфракционирования сыпучих материалов на вибрирующей тканевой сетке позволяет учитывать высокое содержание мелких частиц в исходном сырье. Модель рассматривает конвективный перенос мелких частиц к ситам, который зависит от содержания этих частиц в ячейках цепи. Учитываются механические свойства и конструктивные параметры ситовой ткани из эластичных синтетических мономеров – материал, упругие свойства и диаметр нити, размер ячейки сита в свету,

размер и форма отверстий ситового полотна, живое сечение сита, способ переплетения нитей. Учет уменьшения скорости сегрегации мелких частиц к ситам повышает прогностические возможности модели и позволяет определять реальные показатели процесса для различных режимов вибрации тканых сит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайсберг Л.А., Картавый А.Н., Коровников А.Н. Просеивающие поверхности грохотов. Конструкции, материалы, опыт применения / под ред. Л.А. Вайсберга. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005.

2. Мизонов В.Е., Огурцов В.А. и др. Процессы сепарации частиц в виброоживленном слое: моделирование, оптимизация, расчет. Иваново: ИГЭУ, 2010.

3. Ferrara G. Modelling of screening operations. Intern // J. of Mineral Processing. 1988. V. 22. № 1. P. 193...222.

4. Огурцов В.А., Алешина А.П., Гриценко М.А., Огурцов А.В. Определение вероятности проникновения частиц мелкодисперсного материала через отверстия ситового тканого полотна при вибросепарации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1. С. 262...265.

5. Mizonov V., Mitrofanov A., Ogurtsov A., Tannous K. Modeling of Particle Concentration Distribution in a Fluidized Bed by Means of the Theory of Markov Chains // Particulate Science and Technology: An International Journal. 2014. Vol. 32. Issue 2. P. 171...178.

6. Богданов В.С., Ильин А.С. Семикопенко И.А. Процессы в производстве строительных материалов. Белгород: Везелица, 2007.

7. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов. М.: Недра, 1986.

8. Vaisberg L.A., Rubisov D.N. Mathematische Beschreibung der Vibrationssiebung // Aufbereitungs Technik. 1990. № 3. S. 378...386.

REFERENCES

1. Vaisberg L.A., Kartavy A.N., Korovnikov A.N. Screening surfaces of screens. Structures, materials, application experience / Ed. By L.A. Vaisberg. St. Petersburg: VSEGEI Press, 2005. 252 s.

2. Mizonov V.E., Ogurtsov V.A. et al. Particle separation processes in a vibro-liquefied layer: modeling, optimization, calculation. Ivanovo: IGEU, 2010. 192 s.

3. Ferrara G. Modelling of screening operations. Intern // J. of Mineral Processing. 1988. V. 22. № 1. P. 193...222.

4. Ogurtsov V.A., Aleshina A.P., Gritzenko M.A., Ogurtsov A.V. Determination of probability of fine-particle materials penetration through openings of cloth sieve during vibratory separation // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. № 1. S. 262...265.

5. Mizonov V., Mitrofanov A., Ogurtsov A., Tannous K. Modeling of Particle Concentration Distribution in a Fluidized Bed by Means of the Theory of Markov Chains // Particulate Science and Technology: An International Journal. Vol. 32. Issue 2. 2014. P. 171...178.

6. Bogdanov V.S., Il'in A.S., Semikopenko I.A. Processes in the production of construction materials. Belgorod: Vezelitsa, 2007.

7. Vaisberg L.A. Design and calculation of vibration screens. Moscow: Nedra, 1986.

8. Vaisberg L.A., Rubisov D.N. Mathematische Beschreibung der Vibrationssiebung // Aufbereitungs Technik. 1990. № 3. S. 378...386.

Рекомендована кафедрой архитектуры и строительных материалов ИВГПУ. Поступила 14.06.23.

СОДЕРЖАНИЕ

Обзорные статьи

<i>Новосад Т.Н., Гойс Т.О., Сташева М.А., Ломакина И.А., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.</i> Анализ состояния и направления совершенствования оценки качества текстильных материалов и изделий	5
<i>Константинова З.А., Галлямова П.Ф., Владимирцева Е.Л., Одинцова О.И.</i> Перспективные способы применения циклодекстринов в отделке текстильных материалов	24

Экономика, управление и организация производства

<i>Медведева М.В., Челнокова Н.Ю., Дельцова В.А., Марченко С.М., Шабанова Л.А.</i> Разработка схем налогообложения физических лиц в Российской Федерации	41
<i>Оборин М.С., Савельев И.И.</i> Диверсификация деятельности предприятий текстильной промышленности на основе аутсорсинга	49
<i>Мухан Б.С., Тулеметова А.С., Байнеева П.Т., Есиркепова А.М., Кудайбергенова З.У.</i> Стратегические направления устойчивого развития легкой промышленности республики Казахстан	56
<i>Мергенбаева А.Т., Нурашева К.К., Куланова Д.А., Абдикеримова Г.И.</i> Экономические и институциональные проблемы развития текстильной отрасли Казахстана	62
<i>Кауфман Н.Ю., Хадасевич Н.Р., Сергеева И.В., Имамвердиева М.И., Гардт А.А.</i> Развитие трудового потенциала персонала текстильной промышленности на этапе цифровой трансформации экономики	68
<i>Песчанникова А.Р., Оленева О.С.</i> Основные проблемы развития современной текстильной и легкой промышленности в России	76

Материаловедение

<i>Мирзамуратова Р.Ш., Калдыбаев Р.Т., Байрамоглу Е.Е., Темиршиков К.М., Байсеитова И.С.</i> Влияние травяных экстрактов на прочность кожи	81
<i>Трещалин М.Ю., Трещалин Ю.М.</i> Математический метод определения физико-механических характеристик нетканых материалов	86
<i>Козлова Е.В., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Буланов Я.И.</i> Определение трения скольжения теплоотражающих металлизированных подкладочных тканей	90
<i>Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гриценко Е.А., Гусев Б.Н.</i> Обеспечение необходимого уровня качества технического текстиля с учетом требований специалистов строительной отрасли	96
<i>Зимина М.В., Чагина Л.Л.</i> Комплексная оценка водозащитных свойств материалов с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов	103
<i>Климова Н.С.</i> Оценка функциональности полимерных текстильных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	110
<i>Хамматова Э.А.</i> Исследование образцов наноструктурированных тканей при опытной носке специальной одежды по показателю разрывной нагрузки	116

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> Инженерный расчет равновесности крученой хлопчатобумажной пряжи	122
--	-----

Технология текстильных изделий

<i>Кащеев О.В.</i> Производство материалов с заданными свойствами – драйвер развития технического текстиля России	128
---	-----

Химия и технология отделки и модификации

<i>Хазанов Г.И., Апарушкина М.А.</i> Особенности влияния строения молекул красителей на антимикробную активность окрашенных шерстяных материалов	135
<i>Захарова А.Н., Лутова Д.А., Лисаневич М.С., Куликов А.В.</i> Волокна на основе посевной конопли и возможность их использования в медицинских повязках	140

Текстильные машины и агрегаты

<i>Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзоиров О.Х., Жамолова Л.Ю.</i> Испытания междупилльных прокладок линтерной машины на сжатие	146
<i>Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Терентьев С.А., Нестеров В.А.</i> Ультразвуковая бесконтактная сушка текстильных волоконистых материалов	152
<i>Блинов О.В., Баранов А.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б.</i> Влияние физико-механических характеристик и архитектуры ткани на триботехнические характеристики ее поверхности	157

Автоматизация и информационные технологии

<i>Пашин Е.Л., Орлов А.В.</i> Программно-аппаратный комплекс для оценки модулей продольной упругости и сдвига при изгибе лубяных волокон	164
<i>Бронская В.В., Ибатуллина А.Р.</i> Применение JAVASCRIPT-библиотеки REACT для создания приложения интернет-магазина одежды	169
<i>Мирзоев Р.Т., Нуриев М.Н.</i> Разработка алгоритма распознавания поверхности текстильных паковок	175

Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

<i>Римшин В.И., Калайдо А.В., Семенова М.Н., Никитин А.А., Молчанова А.Е.</i> Радиационные риски на предприятиях текстильной промышленности	185
<i>Король Е.А., Кустикова Ю.О., Смирнов Д.А.</i> Анализ производственных факторов, влияющих на микроклимат в зданиях текстильной промышленности	191

Техническая эстетика и дизайн

<i>Казакова Н.Ю., Ци Цю</i> Взаимосвязь между изменениями формальных характеристик древнеки-тайского костюма и мебели для сидения	200
<i>Сысоева О.Ю., Егорова Л.В., Макарова Е.С.</i> Блобитектура как источник вдохновения фэшн-дизайна эпохи метамодернизма	207
<i>Ярош О.Б., Жаворонкова З.А.</i> Нейромаркетинговое исследование эмоционального восприятия одежды народов Крыма	215
<i>Сысоев С.В., Сергеева В.И.</i> Литература конца XX – начала XXI века как объект исследования в коллекциях модного дома ALEXANDER MCQUEEN	222

Композиты на волокнистой основе

<i>Фарух М.А., Киселев М.В., Самойлов Д.А.</i> Разработка структуры защитных композиционных пла-стин для средств индивидуальной защиты	230
<i>Мусаев С.С., Самиева Г.О.</i> Термические исследования свойств обувных подошвенных композиций	236
<i>Король О.А., Дегаев Е.Н., Нармания Б.Е.</i> Особенности расчета композиционных железобетонных стеновых панелей производственных зданий текстильных фабрик	243
<i>Михайлов М.С., Титова А.П., Хейло С.В., Сариев Э.П.</i> Методы изготовления волокнистых много-слойных композитных шлангов повышенной износостойкости с текстильным кордом	251

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Огурцов В.А., Хохлова Ю.В., Алешина А.П., Огурцов А.В.</i> К расчету процесса вибросепарации на ситовых тканях сыпучих материалов с высоким содержанием частиц мелких фракций	257
--	-----

CONTENTS

Review articles

<i>Novosad T.N., Gois T.O., Stasheva M.A., Lomakina I.A., Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.</i> Analysis of State and Directions of Quality Assessment Improvement of Textile Materials and Products	5
<i>Konstantinova Z.A., Gallyamova P.F., Vladimirtseva E.L., Odintsova O.I.</i> Promising Methods of Cy- clodextrins Application in Finishing of Textile Materials	24

Economics and Production Planning

<i>Medvedeva M.V., Chelnokova N.Y., Deltsova V.A., Marchenko S.M., Shabanova L.A.</i> Development of Tax Schemes for individuals in the Russian Federation	41
<i>Oborin M.S., Savelev I.I.</i> Diversification of the Activities of Textile industry Enterprises Based on Out- sourcing	49
<i>Mukhan B.S., Tulemetova A.S., Baineyeva P.T., Yessirkepova A.M., Kudaybergenova Z.U.</i> Strategic Di- rections of Sustainable Development Light industry of the Republic of Kazakhstan	56
<i>Mergenbayeva A.T., Nurashva K.K., Kulanova D.A., Abdikerimova G.I.</i> Economic and institutional Problems of the Development of the Textile industry of Kazakhstan	62
<i>Kaufman N.Y., Hadasevich N.R., Sergeeva I.V., Imamverdieva M.I., Gardt A.A.</i> Development of the La- bor Potential of Textile industry Personnel at the Stage of Digital Transformation of the Economy	68
<i>Peshannikova A.R., Oleneva O.S.</i> To the Question of Development Problems of Modern Textile and Light industry in Russia	76

Materials

<i>Mirzamuratova R.Sh., Kaldybayev R.T., Bayramoğlu E. E., Temirshikov K.M., Baiseitova I.S.</i> The Effect of Natural Extracts on the Strength of Leather	81
<i>Treschalin M.Yu., Treschalin Yu.M.</i> Method for Determining the Physical and Mechanical Characteris- tics of Nonwoven Materials	86
<i>Kozlova E.V., Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I.</i> Determination of Sliding Friction of Heat- Reflective Metalized Lining Fabrics	90
<i>Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gritsenko E.A., Gusev B.N.</i> Ensuring the Required Level of Technical Textile Quality Taking into Account the Requirements of Specialists of Construction industry	96
<i>Zimina M.V., Chagina L.L.</i> Comprehensive Assessment of the Waterproof Properties of Materials Tak-	

ing into Account the Action Operational and Technological Factors	103
<i>Klimova N.S.</i> Assessment of the Functionality of Polymer Textile Materials in Order to increase their Competitiveness	110
<i>Khammatova E.A.</i> The Study of Samples of Nanostructured Fabrics With Experimental Wear of Special Clothing by Breaking Load indicator	116
Preliminary Treatment. Spinning	
<i>Olenina I.V., Shustov Yu.S., Zinovyev V.P., Rubtsov V.I., Timoshenko A.N., Isaev O.V., Seitova A.G.</i> Engineering Calculation of the Equilibrium of Twisted Cotton Yarn	122
Technology of Textile Products	
<i>Kashcheev O.V.</i> Production of Materials With Target Properties as a Driver for the Development of Technical Textile in Russia	128
Chemistry and Technology of Finishing and Modification	
<i>Khasanov G.I., Aparushkina M.A.</i> Features of Effect of Dye Molecule Structure on Antimicrobial Activity of Dyed Wool Materials	135
<i>Zakharova A.N., Lutova D.A., Lisanevich M.S., Kulikov A.V.</i> Hemp- Based Fibres and the Possibility of their Use in Medical Bandages	140
Textile Machines and Aggregates	
<i>Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh., Zhamolova L.Yu.</i> Compression Testing of Saw Gaskets of a Linter Machine	146
<i>Khmelev V.N., Shalunov A.V., Terentiev S.A., Nesterov V.A.</i> Ultrasonic Non-Contact Drying of Fibrous Textile Materials	152
<i>Blinov O.V., Baranov A.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B.</i> Influence of the Physical and Mechanical Features and Architecture of the Fabric on the Tribotechnical Characteristics of its Surface	157
Automation and information Technologies	
<i>Pashin E.L., Orlov A.V.</i> A Software-Hardware Complex Used to Measure Young's Modulus and Shear Modulus of Flax Fiber During Bending Process	164
<i>Bronskaya V.V., Ibatullina A.R.</i> Using the React Javascript Library for Creating an Online Clothing Shop Application	169
<i>Mirzoev R.T., Nuriev M.N.</i> Development of an Algorithm for Recognizing the Surface of Textile Packages .	175
Ecological and industrial Safety. Heat Engineering	
<i>Rimshin V.I., Kalaido A.V., Semenova M.N., Nikitin A.A., Molchanova A.E.</i> Radiation Risks in the Textile Industry	185
<i>Korol E.A., Kustikova Y.O., Smirnov D.A.</i> Analysis of Production Factors Affecting the Microclimate in Textile Industry Buildings	191
Technical Aesthetics and Design	
<i>Kazakova N.Y., Qi Qiu</i> The Correlation Between the Changes of Ancient Chinese Costume Form and Seating Furniture	200
<i>Sysoeva O.Uy., Egorova L.V., Makarova E.S.</i> Blobitecture As a Source of inspiration for Fashion Design in the Era of Metamodernism	207
<i>Yarosh O.B., Zhavoronkova Z.A.</i> Neuromarketing Study of the Emotional Perception of the Crimea Peoples Clothing	215
<i>Sysoev S.V., Sergeeva V.I.</i> Literature of the Late XX - Early XXI Centuries as an Object of Study in the Collections of the Alexander Mcqueen Fashion House	222
Fiber-based Composites	
<i>Faruh M.A., Kiselev M.V., Samoylov D.A.</i> Working-Out of a Structure of Protective Composite Plates for Personal Protection Equipment	230
<i>Musaev S.S., Samieva G.O.</i> Thermal Studies of Properties of Shoe Sole Compositions	236
<i>Korol O.A., Degaev E.N., Narmania B.E.</i> Calculation Features of Composite Reinforced Concrete Wall Panels of Industrial Buildings of Textile Factories	243
<i>Mikhailov M.S., Titova A.P., Kheilo S.V., Sariev E.P.</i> Methods of Fibre-Reinforced Multi-Layer Composite Hoses with Textile Cord Manufacturing	251
Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items	
<i>Ogurtzov V.A., Khokhlova Yu.V., Aleshina A.P., Ogurtzov A.V.</i> To the Calculation of the Vibration Separation Process on Sieve Fabrics of Bulk Materials with a High Content of Fine Particles	257