

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

**№ 2 (404)
2023**

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

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

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

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

Издание Ивановского государственного политехнического университета

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Заместитель главного редактора

Е.В. РУМЯНЦЕВ (д.х.н., ректор)
Н.Л. КОРНИЛОВА (д.т.н., проф.)

Редакционная коллегия (Россия):

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

Международная редакционная коллегия:

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Ответственный секретарь *Е.Н. КАЛИНИН*

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

Тел.: (4932) 41-75-02.

E-mail: ttp@ivgpi.com

http://ttp.ivgpi.com

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796.

Сдано в набор 03.04.2023. Подписано в печать 30.05.2023. Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 29,76. Заказ 5357. Тираж 400 экз.

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

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

Ministry of Science and Higher Education
of Russian Federation

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**TEXTILE
INDUSTRY
TECHNOLOGY**

Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR

**№ 2 (404)
2023**

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

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

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

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

Published by Ivanovo State Polytechnical University

EDITORIAL BOARD

Chief editor

E.V. RUMYANTSEV (d.ch.s., rector)

Deputy of chief editor

N.L. KORNILOVA (d.en.s., prof.)

Editorial board (Russia):

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

International editorial board:

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

EDITORIAL COUNCIL

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

Executive secretary *E.N. KALININ*

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

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

E-mail: ttp@ivgpu.com

<http://ttp.ivgpu.com>

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796.
Passed for typesetting on 03.04.2023. Signed for printing on 30.05.2023. Format 60×84 1/8.
29.76 conventional sheets. Order 5357. Circulation of 400.

«Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology»

Published by Ivanovo State Polytechnical University

153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21

E-mail: ttp@ivgpu.com

Publishing-printing complex «PresSto»

153025, Ivanovo, Dzerzhinskogo, 39, building 8

Tel. 8-930-330-26-30

E-mail: pressto@mail.ru

УДК 316.35

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_5

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯМИ
В ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЕ "РАЗВИТИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ" МИНПРОМТОРГА РОССИИ**

**MODERN PROBLEMS OF MANAGING CHANGES IN THE STATE PROGRAMME
"DEVELOPMENT OF COMPETITIVENESS OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY" OF
THE MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE OF RUSSIA**

*В.В. ФИЛАТОВ¹, В.Ю. МИШАКОВ¹, О.А. СКРЫЛЬНИКОВА²,
М.В. БУЗУЛУЦКАЯ³, В.В. САМСОНОВА⁴, Л.С. МАРИЕН⁵*

*V.V. FILATOV¹, V.Yu. MISHAKOV¹, O.A. SKRYLNIKOVA²,
M.V. BUZULUTSKAYA³, V.V. SAMSONOVA⁴, L.S. MARIEN⁵*

¹Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
²Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ),

³Российская таможенная академия,

⁴АНО ВО "Институт бизнеса и дизайна",

⁵Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

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

²K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University),

³Russian Customs Academy,

⁴Institute of Business and Design,

⁵Plekhanov Russian University of Economics)

E-mail: filatov_vl@mail.ru, mishakovvictor@yandex.ru, Olga_1707@mail.ru,
bmvprof@mail.ru, verasamsonova@mail.ru, Marien.LS@rea.ru

Цель исследования – провести анализ управления изменениями в государственной программе "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России. Предметом исследования выступают статистические данные, характеризующие эффективность реализации государственной программы "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России. Методологической основой исследования стали общенаучные методы познания (методы структурного и функционального анализа, диалектический, логического единства, традиционные приемы экономического анализа и синтеза), а также специфические методы оценки состояния государственной программы "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России. Проанализированы основные проблемы в отраслях легкой промышленности РФ в настоящее время. Особое внимание

уделено ключевым направлениям отраслевого развития легкой промышленности, в частности льняной и шерстяной подотраслям. Активная государственная поддержка отраслевых предприятий легкой промышленности позволит сформировать мощный организационно-экономический потенциал, направленный на развитие внутреннего производства легкой промышленности РФ, и усилить конкурентные позиции отрасли на внешних и внутренних рынках. Представлен методологический подход к управлению изменениями в государственной программе "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России. Разработана перекрестная SWOT-матрица для анализа развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности РФ. Изучены цели, намерения и частности стратегических изменений, заложенные в стратегии развития легкой промышленности РФ до 2025 года, также использован подход 4P "Ориентация на результаты" для оценки современных проблем управления изменениями в государственной программе "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России.

The purpose of the study is to analyze the project of managing changes within the framework of the strategy for the development of light industry in the Russian Federation for the period up to 2025. The subject of the study is statistical data characterizing the effectiveness of the state programme "Development of the competitiveness of Textile and Light industry" of the Ministry of industry and trade of Russia. The methodological basis of the study was general scientific methods of cognition (methods of structural and functional analysis, dialectical, logical unity, traditional methods of economic analysis and synthesis), as well as specific methods of assessing the state programme "Development of the competitiveness of Textile and Light industry" of the Ministry of industry and trade of Russia. The main problems in the light industry of the Russian Federation at the present time are analyzed. Special attention is paid to the key areas of industrial development of light industry. Active state support of light industry enterprises will allow to form a powerful organizational and economic potential aimed at the development of domestic production of light industry of the Russian Federation and strengthen the competitive position of the industry in foreign and domestic markets. A methodological approach to managing changes in the state program "Development of the competitiveness of the textile and light industry" of the Ministry of Industry and Trade of Russia is presented. A primary and cross-SWOT matrix of the Light Industry Competitiveness Development of Textile and Light industry analysis has been worked out. The goals, intentions and specifics of strategic changes laid down in the strategy for the development of the Light industry of the Russian Federation until 2025 were studied, and the 4P "Results Orientation" approach was also used to assess modern problems of managing changes in the state program "Development of the competitiveness of the textile and light industry" of the Ministry of Industry and Trade of Russia.

Ключевые слова: стратегические направления развития, SWOT-анализ, легкая промышленность РФ, конкурентоспособность отраслей, отраслевые рынки, управление изменениями, подход 4P "Ориентация на результаты".

Keywords: strategic directions of development, SWOT analysis, light industry of the Russian Federation, competitiveness of industries, innovation markets, high technologies, change management. 4P "Results orientation" approach.

Применение программно-целевого подхода в последние годы стало важнейшим и в целом достаточно эффективным способом обеспечения системно-структурных изменений в российской экономике [6]. При этом на примере конструирования и реализации государственных программ могут быть наглядно проиллюстрированы отдельные ключевые современные проблемы теории и практики управления изменениями. В настоящей работе соответствующая проблематика будет рассмотрена применительно к Программе развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности Минпромторга России (далее – Программа).

Для успешного внедрения изменений, в особенности масштабных, таких, какие предполагает реализация программно-целевого подхода на государственном уровне, требуется обеспечить четкое понимание целей перемен, вытекающих из них задач, ожидаемых результатов от внедрения изменений, а также механизмов, применение которых позволило бы достигнуть поставленных целей [9]. Соответствующие цели должны быть сформулированы в четком и непротиворечивом виде, быть измеримыми и достижимыми. Соответствующие моменты в Программе представлены вовсе в не явном виде, что едва ли способствует эффективному управлению изменениями при фактическом отсутствии целевого ориентира, – такое управление сродни навигации судна в густой туман, и его результативность вовсе не гарантирована. Система задач должна полностью и четко соответствовать поставленным целям, быть внутренне непротиворечивой. Цели и задачи изменений должны подкрепляться количественными индикаторами, достижение которых свидетельствует о результативности управления изменениями, в противном случае необходимо осуществлять корректировки в Программе или инструментарии ее реализации. Инструментарий реализации мероприятий по изменениям должен не только соответствовать поставленным целям и задачам, но также быть соразмерным им, то есть набор инструментов управления изменениями должен быть именно таким, чтобы

без избыточного расходования ресурсов обеспечить достижение целей и задач [15].

Анализ материалов Программы позволяет сделать следующие выводы и представить замечания, связанные с управлением изменениями [5]. Инструменты контроля в сфере управления изменениями, с учетом специфики перемен, соответствующих им трансформаций во внутренней и внешней среде, являются в контексте управления масштабными переменами, по сути, важнейшей и неотъемлемой их частью; соответствующий инструментарий, к сожалению, в Программе не предусмотрен.

При управлении изменениями в масштабе крупнейших макроэкономических агентов, которыми являются, в частности, отрасли промышленности, на кратко- и среднесрочном этапе видится нецелесообразным пытаться максимизировать охват перемен, – ограниченные временные и иные ресурсы не способствуют успешному достижению всего объема намеченных перемен, при этом соответствующая проблематика будет иметь место в ущерб тем точечным переменам, которые могли бы быть реализованы с максимально высоким уровнем эффективности. В анализируемой Программе представлено действительно много направлений перемен, крайне амбициозных и масштабных. Исторический опыт показывает, что для реализации трансформаций, которые позволили бы кардинально перестроить одну из крупнейших отраслей промышленности национальной экономики страны-гиганта, временного промежутка в 5-10 лет было бы совершенно недостаточно, даже с учетом стремительности перемен в современную цифровую эпоху [4].

Безусловно, текущее состояние текстильной и легкой промышленности Российской Федерации требует реагирования и осуществления полномасштабных реформ, реализация которых откладывалась на протяжении нескольких десятилетий и, бесспорно, опоздала по времени, в частности, обусловив значительное отставание отечественной промышленности от зарубежных конкурентов, прежде всего, КНР.

Данные аспекты достаточно четко идентифицированы авторами Программы. Между тем сказанное вовсе не предполагает необходимости попытки одномоментного решения накопленных проблем, – по сути, это было бы невозможно в текущих условиях. Напротив, чтобы обеспечить планомерное достижение цели реструктуризации отечественной легкой и текстильной промышленности, формирования в ее рамках инновационного кластера (менее амбициозная задача, чем трансформация отрасли в целом в отрасль инновационного типа, однако вполне достижимая на практике) [19], представляется необходимым на основе комплексного анализа и грамотного планирования изменений сформировать несколько ключевых этапов перемен, каждый из которых следует реализовывать в рамках отдельной программы (либо в рамках этапов единой долгосрочной программы развития отрасли, перемены в которой рассчитаны на форсайтный срок в 20 и более лет). При подготовке и реализации краткосрочных программ следует закладывать в них аспекты преемственности в отношении производимых перемен, целей и задач, ожидаемых и достигнутых результатов. Для более четкой реализации перемен в рамках самой программы целесообразно разрабатывать Дорожную карту изменений, в том числе предусмотрев "майлстоуны", фактически структурирующие изменения и этапы их реализации.

Следует учитывать, что в Российской Федерации функционирует свыше 20 тыс. предприятий, относящихся к текстильной и легкой промышленности. Охват всех предприятий мероприятиями Программы является задачей, достаточно сложной для реализации и по этой причине едва ли выполнимой, что иллюстрирует такую актуальную проблему в сфере управления изменениями, как несоответствие масштабов изменений располагаемым ресурсам.

Речь идет о том, что на уровне отдельных хозяйствующих субъектов складывается специфическая ситуация как в сфере оперативного управления, так и в части стратегического развития. Мероприятия Программы, рассчитанные на получение

синергетического эффекта, между тем касаются далеко не всех типов предприятий, кроме того, не предусматриваются меры и не определяются критерии отбора предприятий для участия в Программе.

Наконец, с учетом ограниченного вмешательства государства в экономические отношения не предусмотрены стимулирующие механизмы привлечения хозяйствующих субъектов. Прозрачность механизмов вовлечения в изменения, их непротиворечивость и целевой характер следует рассматривать в качестве важнейшего инструмента обеспечения достижения целей изменений, а также снижения масштаба потенциального сопротивления изменениям.

Методологический подход к управлению изменениями в государственной программе "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России представлен на рис. 1.



Рис. 1

Российский потенциал легкой промышленности и в первую очередь текстильной подотрасли заключен в традиционно высокой культуре производства, подкрепленной наличием квалифицированных кадров и несколько ослабленной недостаточно развитой в технологическом смысле производственной базой [1]. Однако, учитывая специфику стран, производящих сырье и массовую готовую продукцию, а также стагнацию производства в Европе, при правильном экономическом подходе в России необходимо сохранить и расширить объем изготовления традиционно производимых тканей, развивая производство дорогих высокотехнологичных тканей для выпуска высококачественных товаров. Последние –

одна из отправных точек будущего роста наряду с выгодным географическим расположением большинства соответствующих производственных мощностей. Расположение России между Европой, Индией и Китаем дает ей ряд дополнительных преимуществ и возможностей для развития легкой

и текстильной промышленности в определенных направлениях. Для анализа разработаем перекрестную SWOT-матрицу для анализа развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности РФ (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

	Сильные стороны	Слабые стороны
Возможности	Относительно высокая заработная плата работников легкой промышленности, высокая культура производства и наличие квалифицированных кадров для создания полного цикла переработки нефти для легкой промышленности Транспортно-логистическая ситуация для создания полного цикла переработки нефти для легкой промышленности Транспортно-логистическая ситуация для обеспечения возрастающей роли химических материалов в легкой промышленности	Создание полного цикла переработки нефти для легкой промышленности для нивелирования факта того, что Россия не является производителем сырья для основных видов текстильного производства
Угрозы	Транспортно-логистическая ситуация для нивелирования контрабанды Наличие квалифицированных кадров для нивелирования сокращения производства мытой шерсти	Россия не является производителем сырья для основных видов текстильного производства, и сокращается производство мытой шерсти Сегодняшний рынок льна не обладает большой емкостью, и высоки объемы завозов в РФ контрафактной продукции Энергетическая составляющая занимает до 30% в составе себестоимости продукции легкой промышленности, и сокращается производство мытой шерсти

В 2000-2018 годах в России посевные площади льна-долгунца сократились до 44 500 га, т.е. фактически на 50%, также пропорционально упало производство пряжи и тканей, закрылось много предприятий. Реагируя на данную негативную ситуацию в отрасли, из федерального бюджета с 2017 года отечественным сельхозтоваропроизводителям стали предоставлять единую субсидию на поддержку элитного семеноводства и с 2018 года возмещать 25% прямых понесенных затрат при строительстве льноперерабатывающих предприятий, а также предоставлять льготные кредиты и оказывать несвязанную поддержку из расчета 10 000 рублей на гектар.

В настоящее время отечественными сельхозтоваропроизводителями выращиваются два вида льна: лен-долгунец и лен-кудряш (масличный лен). В России под все виды льна в 2018 г. задействовано менее 0,1% всех посевных площадей, в 2019 году посевные площади льна-долгунца увеличились до 50 тыс. га, в 2020 году – до 53 тыс.

га. Соответственно в 2020 году валовой сбор льна-долгунца возрос до 39 тыс. т, т.е. на 3%. В настоящее время в девятнадцати регионах РФ выращивают лен-долгунец. Наибольшие площади сосредоточены в Тверской, Смоленской, Омской и Нижегородской областях, Удмуртской Республике и Алтайском крае. К 2025 году в соответствии со стратегией развития легкой промышленности РФ до 2025 года посевы льна-долгунца планируется увеличить до 60 тыс. га, а валовый сбор – до 53 тыс. т.

В РФ еще 1,3% посевов приходится на масличный лен (лен-кудряш), который используется для производства масел и кормов. В РФ в ходе посевной кампании 2021 года льном-кудряшом было засеяно более 1,55 млн га, что на 51,5% больше, чем в 2020 году. До сих пор лен-кудряш официальными органами российской статистики считается незначительной сельскохозяйственной культурой, несмотря на то, что лен-кудряш в настоящее время занимает уже порядка 2% всех используемых в РФ

сельхозугодий. В РФ в настоящее время переработка льна-кудряша еще крайне мала по отношению к объему производства. Вместе с тем многие российские сельхозтоваропроизводители планируют в скором времени засеять свои сельхозугодия и загружать свои мощности льном-кудряшом в гораздо больших масштабах.

За период 2017-2022 гг. среднегодовой спад производства льняных тканей в РФ составил 2,7%. В 2022 году российскими предприятиями ЦФО (а это 99% всего производства за период с 2017 по 2022 год) было выпущено 19 662 тыс. м² льняных тканей, что на 19,6% меньше по сравнению с валовыми объемами выпуска 2021 года. В РФ в декабре 2022 года производство льняных тканей снизилось на 36,8% к уровню декабря 2021 года и составило 1428,9 тыс. м².

В России техника, необходимая для культивирования льна, сегодня практически не производится, поэтому для создания эффективного льноводческого производства российским сельхозтоваропроизводителям приходится ориентироваться на европейские технологии. В связи с этим рентабельность возделывания льна из-за высокой стоимости импортной техники и ее обслуживания низкая. Для повышения урожайности и качества продукции российские сельхозтоваропроизводители испытывают необходимость в привлечении дополнительного финансирования для техперевооружения и модернизации производства. Для сравнения средняя урожайность льна-долгунца во Франции составляет 22,3 ц/га, а в России и Китае всего 9,4 ц/га, т.е. практически в 2,4 раза меньше.

По данным Минпромторга, до пандемии в 2018 году объем мирового рынка льна оценивался в 2,2 млрд долл. и превышал 350 тыс. т, а дефицит льноволокна составлял порядка 200 тыс. т, при этом доля рынка РФ в структуре мирового производства льна составляла менее 1%. В настоящее время Франция является основным производителем льноволокна, и на нее приходится 50% всего рынка льна при посевной площади порядка 90 тыс. га, второе место в структуре мирового производства занимает Бельгия, третье – Беларусь.

Мировую цену на льноволокно сегодня формирует Китай, закупая и перерабатывая волокно преимущественно в пряжу и ткани и продавая в Европу и США. Из-за пандемии в 2020 г. в РФ закупочная цена на льноволокно упала в 1,5...2 раза, многие магазины закрылись и рынок льна значительно упал. В период уборки 2020-2022 гг. ситуация усложнилась дождями, которые увеличили потери сырья при уборке в полях. В связи с этим в 2021 году многие хозяйства были вынуждены сократить посевные площади. Российские производители льна не попали в список пострадавших отраслей и не смогли воспользоваться господдержкой. Также необходимо отметить, что реальные объемы господдержки в льноводстве, в частности погектарные дотации, в сравнении с требуемыми остаются до сих пор существенно ниже.

Среднестатистический рост мировых цен на шерсть связан с устойчивым ростом цен на химические волокна и снижением запасов шерсти. В общем производстве сырья для мировой легкой промышленности доля искусственных волокон двадцать пять лет назад составляла 51,2%, шерстяных – 3,5%, в настоящее время искусственные волокна в структуре мирового производства составляют 71,8%, шерстяные – 1,1%. Т.е. доля искусственных волокон выросла на 20,6%, доля шерсти снизилась в 3,2 раза. В настоящее время производство шерсти уменьшилось в натуральном выражении с 3,4 млн т до 2,1 млн т, т.е. на 61,8% в мировом промышленном комплексе. Кроме Индии, Китая и Ирана данный негативный тренд присутствует во всех ведущих шерстепроизводящих странах. В результате произошел структурный отраслевой сдвиг и всей отрасли, чтобы выжить в таких сложных экономических условиях, пришлось с шерстного сегмента переориентироваться на мясо-шерстный и мясной сегменты.

В огромной товаропроводящей цепочке производство шерсти – только первый этап. Далее ее необходимо аккуратно подготовить к продаже: расклассировать, убрать примеси, упаковать, получить лабораторное заключение о качестве. В России в настоящее время среднестатистические

цены на шерсть имеют валовый характер и приводятся без разбивки по типу шерсти, цена на шерсть не дифференцируется в зависимости, например, от толщины волокна.

До недавнего времени в России государственной системы определения качества отечественной шерсти практически не существовало. Положительным моментом в данном вопросе стало создание и запуск в 2019 г. в Подмосковье первой лаборатории, позволяющей определять основные параметры качества шерсти международно признанными методами. Данная лаборатория скорее выполняет некую формальную информационно-аккумулирующую функцию, т.к. пока не опирается на объективную систему отбора проб в регионах заготовки, а в самой лаборатории таких средств нет. Поэтому результаты сертификации шерсти в текущем заготовительном сезоне в этой лаборатории получены быть не могут.

В России квалифицированных кадров в региональных личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) и крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ) не хватает, чтобы выполнить все эти этапы качественно и получить сертификаты соответствия на свой товар. В результате в шерстеперерабатывающей отрасли идет ориентация на импортное сырье и переработчики чаще всего выбирают его из Индии, Китая, Турции и Ирана.

На российских сельхозтоваропроизводителей шерстяной продукции очень негативно повлияла пандемия: спрос на шерсть уменьшился, а цены упали практически в 2 раза по сравнению с 2019 годом. В 2019 г. можно было получить 300 руб. за 1 кг невымытой шерсти. Цена за 1 кг невымытой шерсти в 2020 г. упала до 200 руб., а закупочная цена доходила даже до 100 руб. за 1 кг невымытой шерсти при продаже внутри страны. Вместе с тем, чтобы получить субсидию от государства, российские сельхозтоваропроизводители шерстяной продукции должны собрать целый пакет документов, среди которых документы, подтверждающие реализацию сырья отечественным переработчикам, и сертификат, подтверждающий качество шерсти, из лаборатории, о работе которой упомянуто выше. И как показывает

текущая ситуация в отрасли, меры господдержки российским сельхозтоваропроизводителям шерстяной продукции не очень-то помогают.

По данным Федеральной таможенной службы (ФТС), импорт шерсти за последние два года почти в два раза превышает экспорт. С 2012 по 2015 год экспорт шерсти увеличился более чем в 3 раза – до 11,5 тыс. т. Часть российской шерсти остается на внутреннем рынке, в 2015 году в России было заготовлено 54 тыс. т тонкой и грубой шерсти. Оставшуюся часть российской шерсти выкупает в основном Китай и Индия, которых привлекает высокое качество российской шерсти и низкие закупочные цены по сравнению с мировыми.

Внешнеторговая и логистическая схема здесь одна и та же, суть сырьевая: Россия вынужденно продает дешевое сырье за рубежом, а потом втридорога покупает у своих же внешнеэкономических партнеров товары из своего же, переработанного ими сырья. Промышленные гиганты из Юго-Восточной Азии покупают российскую шерсть по средней цене 2 доллара за килограмм шерсти, а из Китая, в частности, в Россию завозят трикотажную пряжу по средней цене 22 доллара за килограмм. Таким образом, технологический передел российской шерсти в пряжу за рубежом приводит к повышению ее стоимости в 11 раз. Как результат, существенный рост цен на обмундирование для силовых структур и ведомств и, как следствие, сокращение объемов госзаказа. В 2016 году госзаказ на форменную одежду из полушерсти уменьшился в два раза – до 1 млн м ткани.

Таким образом, современными проблемами развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности являются:

- возможности внешней среды и "черного" рынка контрафактной продукции в сфере легкой промышленности;
- нереализованные транспортно-логистические возможности России;
- большая зависимость легкой промышленности России от импортных составляющих.

В настоящее время в России в кодах товарной номенклатуры на вывоз шерсти существует категорирование на невытую и мытую. На тонкую и более дешевую грубую шерсть не классифицируется вообще, и решить эту проблему с товарными категориями поможет сертификация шерсти. Если данный вопрос с товарными категориями в России оставить как есть и не решить его, то при всех прочих равных условиях на мировом рынке российская шерсть всегда будет в два раза дешевле. Федеральной таможенной службе (ФТС) необходимо поставить заградительные пошлины и ужесточить контроль за вывозом шерсти из России.

Для решения проблем с производством и переработкой шерсти в тех регионах России, где базируется основное шерстяное поголовье, для производителей и переработчиков шерсти могут быть созданы особые экономические зоны и налажены системы сбыта с привлечением современных маркетплейсов (OZON, Wildberries, Yandex Market (Беру), Lamoda, Goods.ru, СДЭК Маркет и т.д.), способных помочь в поиске покупателей. Также требуется обновление и модернизация производственного оборудования, внедрение инновационных технологий глубокой переработки сырья, увеличение размеров субсидирования процентных ставок по кредитам для российских сельхозтоваропроизводителей в соответствующих отраслях.

В условиях постпандемии актуальным вопросом остается соблюдение необходимого качества сырья и организация рынков

сбыта, т.к. существенно сократился закуп отечественного сырья перерабатывающими предприятиями в ряде регионов. Система доведения сырья до перерабатывающих предприятий и вся логистика тоже требуют значительных корректировок, нацеленных на разумное сокращение участников логистических цепочек и, по сути, прямые поставки от производителей сырья к переработчикам шерсти и льна.

Рассмотрим цели, намерения и частности стратегических изменений, предлагаемые в Стратегии развития легкой промышленности РФ до 2025 года с помощью 4Р-подхода (табл. 2).

В Стратегии развития легкой промышленности РФ до 2025 года представлены только стратегические цели и намерения изменений и не заложены тактические, оперативные и операционные цели, а также не указаны сроки их реализации. Поэтому подход 4Р (project – проект (P1), purpose – цели и намерения (P2), particulars – частности (P3), people – люди (P4)) в данном случае может быть использован только фрагментарно для анализа целей, намерений и частных стратегических изменений, заложенных в Стратегию развития легкой промышленности РФ до 2025 года. Также не разработаны целевые показатели и не рассчитан экономический эффект от применяемых мер. Не проработаны вопросы с категорией people – люди (P4), не указано, каким категориям конкретно предлагается реализовывать заявленные стратегические цели и намерения (P2).

Т а б л и ц а 2

Project – Проект (P1) Стратегия развития легкой промышленности РФ до 2025 года	
Purpose – Цели и намерения Стратегических изменений (P2)	Particulars – Частности (P3)
1. Модернизация таможенного регулирования	1. Борьба с контрабандой и контрафактной продукцией
2. Модернизация налогообложения	2. Отмена (оптимизация) таможенной пошлины и НДС на ввоз технологического оборудования для нужд предприятий в связи с изношенностью основных фондов
3. Модернизация банковской деятельности и банковского законодательства	3. Реформирование системы кредитного залога
4. Модернизация государственных инвестиций [12]	4. Господдержка должна носить открытый характер и основываться на детальном анализе всех факторов, обеспечивающих или не обеспечивающих конкурентоспособность российских сельхозтоваропроизводителей

5. Модернизация внешнеторговой политики [2]	5. Целью любого регулирования торговой деятельности должно стать обеспечение равных прав и возможностей на территории РФ для всех участников рынка: российских производителей, импортеров и иностранных поставщиков [18]
6. Модернизация технического регулирования	6. Подписание с мировыми сертификационными системами протокола о взаимопризнании и взаимоаккредитации для встраивания в глобальное поле технического регулирования
7. Модернизация отраслевой науки, профессионального образования и подготовки кадров	7. Активизация инновационной деятельности [22]
8. Модернизация выставочной деятельности	8. Государственная выставочная политика должна находиться в соответствии с промышленной и технической политикой [17]

В долгосрочной перспективе для укрепления позиций российских сельхозтоваропроизводителей льняной и шерстяной продукции необходимо расширение мер поддержки, увеличение финансирования, а также дальнейшее продление комплексных госпрограмм поддержки производства изделий из шерсти и льна, рассчитанных на период до 2025 года. Таким образом, на основе проведенного анализа установлены

основные проблемы управления изменениями в Стратегии развития легкой промышленности РФ до 2025 года.

Далее рассмотрим предлагаемые цели и намерения изменений в государственной программе "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России с помощью 4Р-подхода (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Project – Проект (P1) "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России			
	Purpose – Цели и намерения (P2)	Particulars – Частности (P3)	People – Люди (P4)
Форсайт (долгосрочные) изменения (от 5 и более лет)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устойчивое функционирование комплекса инновационных предприятий текстильной и легкой промышленности [22]. 2. Рост востребованности продукции российской текстильной и легкой промышленности на внешних рынках с доведением доли экспорта выше 50% в валовом товарообороте [21]. 3. Максимальное обеспечение отрасли отечественным сырьем (80% и более от совокупной потребности) [20]. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ориентация предпринимателей отрасли на модели развития, нацеленные на инновации. 2. Государственная поддержка инновационных предприятий. Обобщение и распространение опыта тиражирования инноваций. Открытие и "приоткрытие" инноваций. Финансовая поддержка инновационного бизнеса. 3. Формирование системы сбыта отечественной продукции за рубежом, популяризация продукции отечественных производителей, активное ознакомление представителей целевой аудитории. Обеспечение популярности отечественной продукции на основе убеждения потребителей в ее высоком качестве в сочетании с конкурентоспособными ценами. 4. Максимальное расширение собственной сырьевой базы как через создание новых поставщиков, так и через увеличение использования наличных мощностей. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Министерства и ведомства. 2. Предприниматели-инноваторы и инновационно ориентированный персонал. 3. Специалисты по формированию цепочек поставок (снабжения). 4. Специалисты по управлению в сфере импортозамещения [4].

Стратегические изменения (3-5 лет)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формирование инновационного кластера в ключевых субъектах РФ. 2. Формирование и реализация среднесрочного цикла выставочной деятельности. 3. Выход на ежегодное увеличение мощностей производства сырья на 10%. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формирование 2-3 кластеров, или индустриальных парков, или особых экономических зон для производителей технического текстиля на базе производителей волокон, тонкой химии и исследовательских вузов [10]. 2. Формирование комплексной системы поддержки НИОКР, локализации технологий и постановки в производство новых продуктов в области технического текстиля. 3. Регулирование системы внешнеторгового оборота натуральных и синтетических волокон. ФТС необходимо поставить заградительные пошлины и ужесточить контроль за вывозом шерсти из России. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предприниматели-инноваторы и инновационно ориентированный персонал. 2. Министерства и ведомства. 3. Специалисты по управлению в сфере импортозамещения [4].
Тактические изменения (1-3 лет)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создание 1-2 инновационных предприятий за период. 2. Проведение цикла выставочных мероприятий в 10-15 зарубежных странах. 3. Доведение уровня использования производственных мощностей отечественных производителей сырья до 95% и выше. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создание новых предприятий, оборудованных современным оборудованием и квалифицированным персоналом на всех уровнях производства. 2. Выход на мировые выставочные площадки. 3. Увеличение количества предприятий на территории РФ, производящих и добывающих сырье для отечественного рынка. 4. Постепенный отказ от мероприятий господдержки [13]. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предприниматели-инноваторы и инновационно ориентированный персонал. 2. Маркетологи, специалисты по продвижению отечественной продукции за рубежом. 3. Отечественные производители сырья для текстильной и легкой промышленности. 4. Технологи, специалисты.
Оперативные изменения (1 мес. – 1 год):	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проектирование инновационных предприятий. 2. Создание представительств отечественной текстильной и легкой промышленности на ключевых зарубежных рынках. 3. Формирование системы перекрестного субсидирования производителей сырья. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. На основе зарубежного и отечественного опыта разработать концепцию развития отрасли, современных предприятий, а также разработать систему обучения квалифицированного персонала. 2. Подготовка научных исследований по направлениям повышения конкурентоспособности продукции на международных рынках. 3. Переориентация и модернизация существующих ресурсодобывающих предприятий [11]. 4. Доведение конкретной финансовой помощи до предприятий, удовлетворяющих критериям программы, направленных на достижение конечных целей Программы. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Министерства и ведомства. 2. Ученые, исследователи. 3. Отечественные производители сырья для текстильной и легкой промышленности. 4. Министерства и ведомства.
Операционные изменения (до 1 мес.)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поддержка финансовой устойчивости участвующих предприятий за счет ежемесячных дотаций / кредитов [7]. 2. Заключение агентских договоров с международным маркетинговым посредником (посредниками). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ существующих предприятий, обратившихся за финансовой помощью на реализацию конкретных проектов. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Министерства и ведомства. 2. Предприниматели-инноваторы и персонал инновационно ориентированных предприятий.

Анализ общих и частных показателей, отражающих соотношения результатов и затрат на этапах реализации госпрограммы,

например, уровень гармонизации национальных стандартов РФ с международными стандартами, индекс физического объема

инвестиций в основной капитал, удельный вес бюджетных средств во внутренних затратах на исследования и разработки и другие, показал, что их достаточно сложно соотносить с показателями программных результатов. Целевые индикаторы, используемые на этапах реализации госпрограммы, часто демонстрируют разнонаправленную динамику.

Более детальный анализ подпрограмм на первом, втором и частично третьем этапе реализации госпрограммы позволил выявить следующие недостатки: подпрограммы в значительной мере дублируют друг друга; невысокое соответствие затрачиваемых ресурсов и ранговой значимости решаемой проблемы; непроведение или зачастую запоздалое (постфактум) проведение необходимой объективной экспертизы подпрограмм. Таким образом, большинство подпрограмм носит в основном декларативный характер и слабо отвечает методологическим требованиям, предъявляемым к целевым научно-техническим документам.

Комментарии. С учетом слабых сторон и угроз международной конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности ключевые изменения должны быть сфокусированы по направлениям существенного расширения числа инновационных предприятий отрасли, особенно относящихся к "Индустрии 4.0", в сочетании с наращиванием внутренней обеспеченности сырьем в качестве противодействия негативным экстерналиям внешнего порядка, прежде всего международным санкциям. Кроме того, в условиях перманентного ослабления курса национальной валюты, чтобы таковое способствовало росту конкурентоспособности экспорта, требуется усилить внутреннюю обеспеченность сырьем для текстильной и легкой промышленности. Повышение конкурентоспособности продукции текстильной и легкой промышленности на внешних рынках само по себе не приведет к существенному росту объемов сбыта, для этого потенциальные потребители должны быть знакомы с продукцией и доверять ее качеству; соответствующие аспекты могут быть достигнуты за счет ак-

тивных международных контактов, выставочной деятельности. Ориентируясь на заявленные результаты и активно взаимодействуя с предпринимателями-инноваторами на целевом рынке и агентами импортозамещения на сырьевом, возможно обеспечить достижение целей и задач Программы развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности [8].

Таким образом, на примере Программы развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности Минпромторга России могут быть проиллюстрированы такие современные проблемы управления изменениями, как нечеткость постановки целей и задач, несоответствие механизмов изменений поставленным целям, необоснованно широкий масштаб перемен, предполагаемый на среднесрочном временном интервале, несоответствие масштабов изменений располагаемым ресурсам и невозможность охвата всех субъектов перемен с применением текущего инструментария управления изменениями. Соответствующие проблемы и противоречия должны быть устранены при дальнейшем проектировании и реализации государственных программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зернова Л.Е., Ильина С.И., Иващенко Н.С., Политова Р.В., Ордынец А.А. Определение затрат на производство хлопчатобумажной пряжи с помощью метода параметрического планирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021. № 4. С. 48...52.
2. Косикова Ю.А., Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Кудрявцев В.В., Положенцева И.В., Фадеев А.С. Анализ внешнеторговой политики Российской Федерации и предложения по увеличению ее эффективности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 3. С. 5...10.
3. Парамонова Т.Н., Урясьева Т.И., Рамазанов И.А. Рынок легкой и текстильной промышленности в период импортозамещения // Торгово-экономический журнал. 2016. Т. 3. № 1. С. 53...66.
4. Парамонова Т.Н., Урясьева Т.И., Рамазанов И.А. Рынок легкой и текстильной промышленности в период импортозамещения // Торгово-экономический журнал. 2015. № 1. С. 53.
5. Стратегия развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года / Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

<https://ivgpu.com/images/docs/nauka/dokumenty/strategiya-razvitiya-leg-prom.pdf>.

6. *Aizinova I.M.* Russian light industry on the threshold of the world trade organization. Studies on Russian Economic Development. 2012. T. 23. № 6. P. 572...584.

7. *Balova S.L., de Velazco J.J.H.G., Polozhentseva I.V., Chernavsky M.Yu., Shubtsova L.V.* The formation of the concept of smart sustainable city with the purpose of environmental protection // Journal of Environmental Management and Tourism. 2021. T. 12. № 5 (53). P. 1269...1275.

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

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

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

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

12. *Gulbakhor K., Fayozza K., Mokhinur N., Dildora Y.* Main directions of investment project management in light industry enterprises // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. 2020. T. 24. № 5. P. 4981...4997.

13. *Ivanova O.M., Bilalova L.M., Yulina G.N., Polozhentseva I.V.* Social institutes in the system of person's socialization in present-day Russia. Contemporary Dilemmas: Education, Politics and Values. 2019. T. 7. № S10. P. 69.

14. *Krasinal I.V., Gatiyatullina R.F.* Preparation of highly qualified female personnel for the development of light industry // Proceedings of 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL. 2013. P. 401...402.

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

16. *Madrahimovich R.N., Bulturbayevich M.B.* Advantages of vertical integrated enterprises (under light industry enterprises) // Test Engineering and Management. 2019. T. 81. № 11-12. P. 1596...1606.

17. *Podshibyakina T.A., Zaitseva N.A., Larionova A.A., Kosolapov A.B., Zhenzhebir V.N., Palastina I.P.,*

Polozhentseva I.V. Evaluation of the influence of economic and national factors on the dissemination of political ideas in the context of globalization // Modern Journal of Language Teaching Methods. 2018. T. 8. № 11. P. 62...68.

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

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

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

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

22. *Yusupov U.* Industry characteristics management of innovative processes at the enterprises of light industry // European Journal of Economics and Management Sciences. 2015. № 2. P. 46...48.

REFERENCES

1. *Zernova L.E., Ilyina S.I., Ivashchenko N.S., Politova R.V., Ordynets A.A.* Determination of costs for the production of cotton yarn using the method of parametric planning // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 4. S. 48...52.

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

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

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

5. Strategy for the development of light industry in the Russian Federation for the period up to 2025 / Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. Source: <https://ivgpu.com/images/docs/nauka/dokumenty/strategiya-razvitiya-leg-prom.pdf>.

6. *Aizinova I.M.* Russian light industry on the threshold of the world trade organization. Studies on

Russian Economic Development. 2012. V. 23. No. 6. P. 572...584.

7. Balova S.L., de Velazco J.J.H.G., Polozhentseva I.V., Chernavsky M.Yu., Shubtsova L.V. The formation of the concept of smart sustainable city with the purpose of environmental protection // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2021. Vol. 12. No. 5 (53). P. 1269...1275.

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

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

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

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

12. Gulbakhor K., Fayozza K., Mokhinur N., Dildora Y. Main directions of investment project management in light industry enterprises // *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*. 2020. V. 24. No. 5. P. 4981...4997.

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

14. Krasinal I.V., Gatiyatullina R.F. Preparation of highly qualified personnel female for the development of light industry // *Proceedings of 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL*. – 2013. P. 401...402.

15. Nosov V.V., Tindova M.G., Ramazanov I.A., Poletaeva L.P., Avdotjin V.P. Assessing natural resources using knowledge-based information processing

tools // *Journal of Physics: Conference Series*. Ser. "Journal of Physics: Conference Series". 2020. P. 012009.

16. Madrahimovich R.N., Bulturbayevich M.B. Advantages of vertical integrated enterprises (under light industry enterprises) // *Test Engineering and Management*. 2019. V. 81. No. 11-12. P. 1596...1606.

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

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

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

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

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

22. Yusupov U. Industry characteristics management of innovative processes at the enterprises of light industry // *European Journal of Economics and Management Sciences*. 2015. № 2. P. 46...48.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 14.12.21 .

СТРАТЕГИЯ РЫНОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ПЕРЕХОДНОМ ПЕРИОДЕ STRATEGY OF MARKET MANAGEMENT IN THE TRANSITION PERIOD

Х.Ф. МАМЕДОВА¹, Ф.А. МАМЕДОВ², С.Ш. ТАШПУЛАТОВ³, Ш.Я. АЛИЕВА²,
Г.З. АБДИЕВА², Г.Р. МАМЕДОВА²

H.F. MAMMADOVA¹, F.A. MAMMADOV², S.S. TASHPULATOV³, SH.YA. ALIEVA²,
G.Z. ABDIEVA², Q.R. MAMEDOVA²

¹Гянджинский государственный университет, Республика Азербайджан,

²Азербайджанский технологический университет, Республика Азербайджан,

³Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

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

E-mail: fizuli.ekonomist@gmail. comsht61@mail.rug.abdiyeva@mail.ru

В круг важнейших вопросов исследования потребительского рынка заложены принципы сбалансированности спроса и предложения, которые могут изменяться как в пространственном состоянии, так и во времени. К их числу можно отнести: изменение цен товаров; изменение вкусов потребителей; ожидание будущих изменений цен или нехватка товаров; изменение рыночных доходов; увеличение равенства в распределении доходов; изменение численности и состава населения; изменение факторов производства; изменение экономической политики государства; открытие новых источников сырья или истощение существующих; появление в отрасли новых фирм и многие другие.

The most important issues of consumer market research include the principles of balancing supply and demand, which can change both in the spatial state and in time. These include: changes in the prices of goods; changing consumer tastes; anticipation of future price changes or shortages of goods; changes in market incomes; increasing equity in the distribution of income; changes in the size and composition of the population; change in prices of factors of production; change in the economic policy of the state; discovery of new sources of raw materials or depletion of existing ones; the emergence of new firms in the industry and many others.

Ключевые слова: стратегия, рынок, управление, экономика, конкуренция, макроэкономика, государство.

Keywords: strategy, market, management, economy, competition, macroeconomics, the state.

Введение

Реформирование системы управления экономикой в переходный к рыночным отношениям период является самой сложной и неоднозначной задачей в странах, завоевавших свой суверенитет.

Данную проблему известный западный ученый П. Друкер понимает следующим образом: "Для того чтобы решить какую-либо из этих задач, не говоря уже о том, чтобы решить их все вместе, требуется понимание бизнеса (на рынке, – прим. авто-

ров) как экономической системы, ее способности к эффективному функционированию и взаимосвязей между доступными ресурсами и возможными результатами. Это понимание никогда не приходит само, его следует развивать отдельно для каждого бизнеса. Виды бизнеса различны, но бизнес как система остается одним и тем же, независимо от масштаба и структуры, товаров, технологий, рынков, от культуры и компетентности управления" [1].

Следовательно, по нашему мнению, необходимо проводить крупномасштабное реформирование не только на уровне отдельных рынков, но и всего государственного управления как объекта, занимающегося крупным бизнесом на всех ступенях. А главное, претворять его в жизнь своевременно. Об этом справедливо отмечает российский ученый в области менеджмента В.Р. Веснин: "Эффективное управление должно быть своевременным, что требует выбора наиболее удачного момента для начала соответствующей деятельности, оптимальной последовательности отдельных этапов, исключения неоправданных перерывов и потерь времени" [2].

Методы исследования

На Западе общий подход к реформированию системы управления сводился к тому, что в конце XX века реализовывался огромный объем крупномасштабных и комплексных программ реформирования государственного управления. Появление многих из этих программ было продиктовано необходимостью решения властями аналогичных проблем, особенно проблем повышения эффективности и качества услуг, гибкого реагирования на смену обстановки, рационализации аудиторской деятельности, улучшения налоговой системы. При этом следует указать на отсутствие общей парадигмы реформ. Одну из этих программ можно охарактеризовать как отмеченную крайним радикализмом, другие же предусматривают постепенный подход к их реализации. В целом стратегия реформирования часто проходила с точки зрения рассмотрения концепции "нового государственного управления". Преимущество такого подхода состоит в том, что он предусматривает наиболее последовательный комплекс мер в рамках проведения реформ с учетом внутренних условий той или иной страны [3].

Т а б л и ц а 1

	Австралия	Бразилия	Великобритания	Венгрия	Германия	Канада	Китай	Нидерланды	Новая Зеландия	Польша	США	Финляндия	Чили	Южная Корея	Азербайджан
1. Целевые реформы															
В сфере государственного управления	+	+	+		+	+			+		+	+			+
В сфере исполнительного управления	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+		+	+
В сфере организационных структур	+		+			+	+	+	+	+		+	+		+
В политической сфере	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2. Прогрессивные реформы															
В сфере государственного управления	+		+			+		+	+		+	+			+
В сфере исполнительного управления	+	+	+	+					+			+			+
В сфере организационных структур	+		+			+			+			+	+		+
В политической сфере	+		+						+		+		+		+
3. Комплексные реформы															
Временные реформы		+			+			+		+					+
Этапные реформы	+		+	+		+	+		+		+	+	+	+	+
Реформы стратегического рыночного управления	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+

В табл. 1 Азербайджан представлен среди стран с более высокой степенью рыночного управления. И это неслучайно, так как наша республика за последние годы развивается весьма высокими темпами.

Все это, на наш взгляд, требует новой классификации стран взамен существующей на сегодняшний день. В частности, в условиях переходной экономики широко применяется двухчленная типология с подразделением всех стран на экономически развитые и развивающиеся. Основным критерием при такой типологии служит уровень социально-экономического развития государства, выраженный через показатель ВВП в расчете на душу населения. Наибольшее значение при изучении мирового хозяйства и его географии имеет типология, учитывающая уровень и характер социально-экономического развития страны. Уровень социально-экономического развития определяется рядом показателей, среди которых: размер валового внутреннего продукта (ВВП) или валового национального продукта (ВНП); размер ВВП на душу населения; доля в ВВП продукции сельского хозяйства, промышленности и сферы услуг; объем промышленной продукции; инвестиции в основной капитал; потребительские цены; доля занятых в отдельных секторах хозяйства; структура внешней торговли; уровень грамотности населения; продолжительность и качество жизни; потенциальные ресурсы и др. [4].

Практика показывает, что между экономическими субъектами существует состязательность, которая характерна для любой хозяйственной системы. Она является неизбежным следствием ограниченности экономических ресурсов. Поскольку эти ресурсы в любом обществе ограничены или редки, хозяйствующие субъекты вынуждены вступать в состязание, в борьбу за обладание ими. Однако формы такой борьбы специфичны для различных экономических систем. Для рыночных условий характерен принципиально новый тип состязательности – конкуренция, где местом состязания является рынок. Конкуренция между ком-

мерческими фирмами в производстве, в области инновационных процессов, в сфере продаж товаров и культурного обслуживания, несомненно, имеет целью получение выгоды на рынке. Наряду с фирмами, государство также может принимать непосредственное участие в рыночной конкуренции, но не через органы государственного управления, а как субъект рынка, в качестве покупателя или продавца товаров и услуг. В целом же конкуренция выступает как борьба производителей за потребителя товаров и услуг [5].

Иные принципы лежат в основе регулирования предпринимательских монополий, действующих на конкурентных рынках, например в отраслях с олигополистической структурой. Здесь государственное регулирование призвано не заменить, а защитить конкурентный рыночный механизм [6].

Однако в рыночных процессах иногда отдельные отрасли относят к естественным монополиям и пытаются их регулировать. Как отмечает К.Р. Макконнелл, "наиболее критические замечания в адрес отраслевого управления состоят в том, что иногда оно применялось в отраслях, которые не являются естественными монополиями и которые в отсутствие регулирования были бы полностью конкурентными" [7].

Марксистская парадигма диктует иной подход к задачам регулирования деятельности монополий. Поскольку образование монополий видится как чисто объективный, непреодолимый и необратимый процесс, единственный способ ограничения "вредных" последствий монополизации – это либо национализация монополий и управление ими в интересах всего общества, либо прямой и всесторонний контроль над ценами, прибылями и производством монополистов. Интересно, что во многих переходных экономиках антимонопольная политика, будучи по своим законодательным основам рыночной, в конкретных действиях принимала часто неосознанно марксистскую парадигму как более понятную и, казалось бы, более эффективную.

Говоря о конкурентных преимуществах, в качестве примера можно привести Японию. Ученые говорят, что на короткие сроки Япония, чтобы избежать западни ликвидности, должна сократить налоги или же усилить государственные капиталовложения. С учетом предельно низкого уровня официальной учетной ставки ослабление финансово-кредитных уз – не лучший выбор. Экономисты, поощряющие сокращение налогов, замечают, что Япония испытывает дефляцию в цене активов и что компании и домашние хозяйства сокращают свои расходы с целью возмещения ссуд. Они призывают к поддержанию долгосрочной цели по преобразованию финансовой структуры для снижения бюджетного дефицита, утверждая, что ключевым приоритетом является восстановление жизнеспособности частного сектора. С этой целью они ратуют не за временное, а за постоянное снижение налогов. В случае подходящих налогов они желают заглазить прогрессивные ставки, а в случае корпоративных налогов они утверждают, что компании будут более оживленно вкладывать капитал, если фактическая налоговая ставка будет понижена с существующих 46% приблизительно до американского уровня в 40% [8].

В последние два десятилетия макроэкономический подход к анализу в теориях международной торговли дополнился микроэкономическим, что проявляется в значительном интересе ученых к разработке различных моделей участия в международной торговле отдельных фирм и корпораций. Большинство авторов при этом решающую роль отводит реализации технологических преимуществ отдельных корпораций на рынках, максимально восприимчивых к нововведениям. Объектом международной торговли в данном случае является технология, как воплощенная в наукоемких товарах, так и чистая [9].

Наиболее известной из них является теория конкурентных преимуществ М. Портера. В ней последовательно проводится идея, что на международном рынке конкурируют фирмы, а не страны, в связи с чем важно понять, как фирма создает и

удерживает конкурентные преимущества, и уяснить роль страны в этом процессе. Конкурентоспособность страны в международном обмене определяется воздействием и взаимосвязью следующих четырех основных составляющих, называемых "конкурентным ромбом":

- 1) факторных условий (наличие в стране основных факторов производства);
- 2) условий внутреннего спроса, вызывающих эффект масштаба;
- 3) наличием смежных и поддерживающих отраслей;
- 4) стратегии структуры фирмы и ее места во внутриотраслевой конкуренции [10].

В условиях усиления конкурентности национальных экономик государство обязано участвовать в ряде сложных рыночных процессов, например, в лице государственного предпринимательства. Государственное предпринимательство является прямым вмешательством государства в воспроизводственный процесс. Оно особенно необходимо в малорентабельных отраслях, которые традиционно не представляют интерес для частного капитала, но их развитие определяет общие условия воспроизводства. Это прежде всего отрасли экономической инфраструктуры.

В общем плане государство может влиять на инвестиционную активность при помощи самых различных рычагов: финансово-кредитной и налоговой политики; предоставления самых различных льгот предприятиям, вкладывающим инвестиции на реконструкцию и техническое перевооружение производства; амортизационной политики; создания благоприятных условий для привлечения иностранных инвестиций; научно-технической политики и др. При этом государство должно всегда помнить, что будущее экономики страны в значительной степени зависит от того, какую оно проводит инвестиционную политику [11].

Экономические основы управления включают в использование названных объективно проявляющихся законов экономики и практической экономической деятельности, а смена управленческих подходов и теоретических моделей отражает за-

крепление новых, более совершенных производственных отношений соответственно требованиям эффективно развитых производительных сил [12].

Во многих развитых странах планирование на уровне государства принимает форму разработки и реализации определенных программ. Например, в Азербайджанской Республике за последние годы принят ряд существенных государственных программ в области социально-экономического развития регионов, в сфере развития бизнеса и поддержки предпринимательства и др.

Основой косвенного регулирования является политика ценообразования, которая включает наблюдение за ценами, косвенное влияние на них через таможенные ограничения, учетные ставки налогов, ускоренную амортизацию, регламентацию статей себестоимости, прямое воздействие через систему госзаказов, установление предельных цен. Государство должно проводить политику в области ценообразования с целью обеспечения его стабильности, что является основой борьбы с инфляцией, оживления инвестиций и подъема национальной экономики [13].

Наименее предсказуемое влияние на появление новых рыночных направлений оказывает окружающая среда. Современные компании Германии уже сегодня тратят половину своих расходов на защиту окружающей среды и обеспечение общей безопасности. Если еще несколько отраслей будут вынуждены заниматься этим же, это приведет, в конце концов, к тому, что и остальным организациям не удастся избежать воздействия растущей озабоченности общественности и политиков и им также придется заниматься устранением общих последствий, связанных с частным потреблением [14].

При совпадении общих стратегических направлений борьбы за лидерство существуют некоторые особенности в подходах ведущих японских и американских компаний к тому, как обеспечить свое преимущество в экономическом соперничестве на мировом рынке. Так, специфика японского подхода состоит в том, что автоматизация и компьютеризация производства не рас-

сматривается как самоцель и безусловная гарантия успеха. Более того, специальные усилия предпринимаются для того, чтобы при переходе на выпуск более сложных товаров снизить их техническую и технологическую сложность.

ВЫВОДЫ

Исследования потребительского рынка должны осуществляться системно (методологически), комплексно (теоретически) и методично (специфично), по всем его направлениям, от частного до целостного и обратно.

В современных условиях необходима выработка стратегии рыночного управления в переходный период на уровне государства и рынка.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Питер Друкер*. Эффективное управление: [пер. с англ.]. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2003. С. 12...13.
2. *Веснин В.П.* Менеджмент. М.: ТК Велби; Проспект, 2007.
3. *Мэннинг Н.* Реформа государственного управления: международный опыт: [пер. с англ.]. М.: Весь мир, 2003. С. 44...47.
4. *Куликов Л.М.* Экономическая теория. М.: ТК Велби; Проспект, 2006.
5. Теория переходной экономики Т.1 / под ред. В.В. Герасименко. М.: ТЕИС, 1997. С. 125...131.
6. *Егоров В.В.* Прогнозирование национальной экономики. М.: ИНФРА-М, 2001.
7. *Макконнелл К.Р., Брю С.Л.* Экономикс: принципы, проблемы и политика: [пер. с англ.]. Баку: Азербайджан, 1992. Ч. II. С. 228...229.
8. *Осаму Нарияни*. Современная японская экономика. Баку: Елм ве хаят, 2003.
9. *Пузанова Е.П.* Мировая экономика и международные отношения. М.: ФЕНИКС, 2004. С. 206...209.
10. *Портер М.* Международная конкуренция. М.: Международные отношения, 1993.
11. *Сергеев И.В., Веретенникова И.И.* Экономика предприятия. М.: Проспект, 2007. С. 24...26.
12. Менеджмент / под ред. М.М. Максимова и А.В. Игнатъевой. М.: Банки и биржи; ЮНИТИ, 1999.
13. *Крутик А.Б., Пименова А.А.* Введение в предпринимательство. СПб.: Политехника, 1995.
14. *Дей Дж.* Стратегический маркетинг. М.: Эксмо, 2003. С. 44...45.

REFERENCES

1. Peter Drucker. Effective management, trans. from English. M.: FAIR-PRESS, 2003. P. 12...13.

2. Vesnin V.P. Management. M.: TK Welby; Avenue, 2007.
3. Manning N. Public administration reform: international experience: [per. from English]. M.: Ves Mir, 2003. P. 44...47.
4. Kulikov L.M. Economic theory. M.: TK Welby; Avenue, 2006.
5. Theory of transitional economy T.1 / ed. V.V. Gerasimenko. M.: TEIS, 1997. P. 125...131.
6. Egorov V.V. Forecasting the national economy. M.: INFRA-M, 2001.
7. McConnell K.R., Bru S.L. Economics: Principles, problems and politics: [per. from English]. Baku: Azerbaijan, 1992. Part II. P. 228...229.
8. Osamu Nariani. Modern Japanese economy. Baku: Elm ve Hayat, 2003.
9. Puzanova E.P. World economy and international relations. M.: PHOENIX, 2004. P.206...209.
10. Porter M. International competition. M.: International relations, 1993.
11. Sergeev I.V., Veretannikova I.I. Enterprise economy. M.: Prospekt, 2007. P. 24...26.
12. Management / ed. MM. Maksimova and A.V. Ignatieva. M.: Banks and stock exchanges; UNITY, 1999.
13. Krutik A.B., Pimenova A.A. Introduction to Entrepreneurship. St. Petersburg: Polytechnic, 1995.
14. Day J. Strategic marketing. M.: Eksmo, 2003. P.44...45.

Рекомендована кафедрой административного управления и коммерции Азербайджанского технологического университета. Поступила 03.10.22.

УДК 338

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_23

ВОПРОСЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ

ISSUES OF THE TEXTILE INDUSTRY DIGITALIZATION: REGIONAL ASPECT

И.Ю. ШАХОВА¹, Е.Ю. ОНОПУК¹, С.Н. СПЕРАНСКИЙ¹, У. ЛОДОЙН²

I.Y. SHAKHOVA¹, E.Y. ONOPYUK¹, S.N. SPERANSKY¹, U. LODOIN²

¹Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (Ивановский филиал),

²Монгольский университет науки и технологий)

(Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov (Ivanovo branch),
Mongolian university of science and technology)

E-mail: shakhova.ira@yandex.ru; spiral971@mail.ru

В статье рассматриваются актуальные вопросы цифровизации, свойственные предприятиям текстильной промышленности. Структура проблематики основана на базовом нормативном документе, определяющем стратегическое развитие отечественного информационного общества. Определены преимущества внедрения цифровых технологий по рассматриваемому направлению. Для осознания позиций России в области цифровой конкурентоспособности приведены официальные статистические данные, которые демонстрируют активное продвижение нашей страны в данном направлении. Акцент сделан на проблеме цифровизации текстильной промышленности Ивановской области в условиях инновационной экономики. Обосновывается использование цифровых паспортов предприятий, которые позволяют выявлять наиболее перспективные отрасли для поддержки властями различных уровней.

The article deals with the current issues of digitalization inherent in the textile industry. The structure of the problem is based on the basic normative document defining the strategic development of the national information society. The advantages of the introduction of digital technologies in the area under consideration are determined. To understand Russia's position in the field of digital competitiveness, official statistics are provided that demonstrate the active progress of our country in this direction. The emphasis is focused on the issues of the Ivanovo region textile industry digitalization. The use of enterprises digital passports is justified, which will allow identifying the most promising industries for support by authorities at various levels.

Ключевые слова: экономика, цифровизация, текстильная промышленность, Ивановская область, цифровой паспорт, текстильный кластер.

Keywords: economy, digitalization, textile industry, Ivanovo region, digital passport, textile cluster.

Введение

Цифровые технологии все прочнее входят во все сферы экономики, показывая свои определенные преимущества и перспективы. Сложно представить современное текстильное производство без использования информационных технологий практически на всех его стадиях.

Для начала определимся с понятием "цифровизация" и ее ролью в бизнес-процессах. Цифровизация – это переход к новым процессам, моделям и подходам, которые базируются на информационных технологиях. Действующая в настоящее время *Стратегия развития информационного общества Российской Федерации* предусматривает в качестве основных преимуществ цифровой экономики снижение затрат на производство и обеспечение конкурентоспособности выпускаемой продукции [1, 2]. Что касается предприятий текстильной про-

мышленности, то совершенно очевидны те же преимущества, что названы выше.

Позиции России в международных рейтингах цифровизации

Россия выходит на совершенно новый этап развития экономики за счет цифровой трансформации. Распространение цифровых технологий активно продвигается во всех сферах жизни.

Статистические данные Международного института развития менеджмента свидетельствуют о незначительном снижении позиций России во всемирном рейтинге цифровой конкурентоспособности за период с 2017 по 2021 год (рис. 1) [3].

Однако, несмотря на отрицательную динамику, следует отметить положительную тенденцию по показателю "готовность к сетевому взаимодействию" (рис. 2 – динамика позиции России в рейтинге готовности к сетевому взаимодействию).

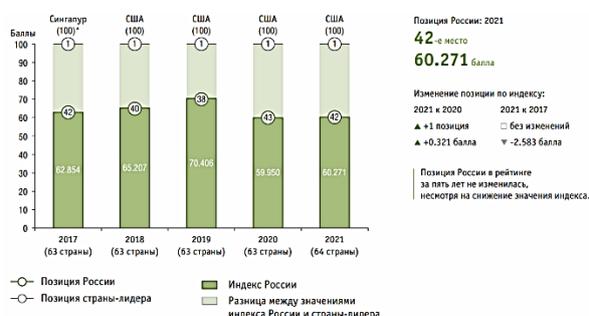


Рис. 1



Рис. 2

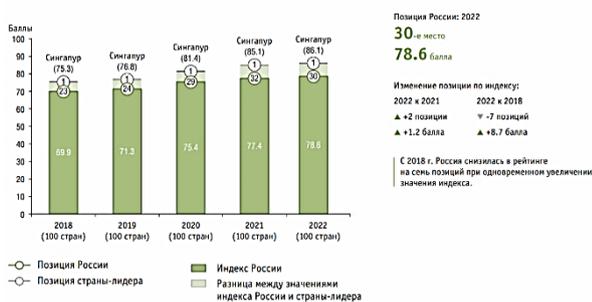


Рис. 3

Очевидно, что, занимая 43-е место в международном рейтинге по готовности к сетевому взаимодействию, Россия заметно (на пять пунктов) улучшила свои позиции.

Резкий рост можно наблюдать по индексу инклюзивного Интернета, который демонстрирует доступность безопасного Интернета разным слоям населения (рис. 3 – динамика позиции России в рейтинге индекса инклюзивного Интернета). В этом случае учитываются такие составляющие доступности, как гендерная, финансовая, доходная и другие.

Затраты нашего государства на развитие цифровой экономики и затраты организаций на внутреннюю цифровизацию ежегодно возрастают (рис. 4).

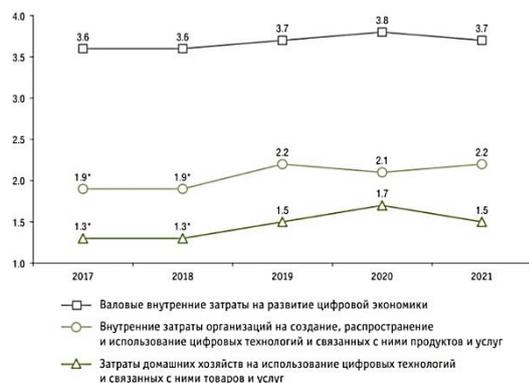


Рис. 4

Причем основные затраты связаны с приобретением цифровых машин и оборудования (рис. 5 – структура затрат организаций на внедрение цифровых технологий, в процентах).

Что касается текстильной отрасли промышленности, то здесь однозначно отмечается рост расходов:

- на приобретение программных продуктов с 28,2 млрд руб. в 2020 году до 53,7 млрд руб. в 2021 году;

- на аренду программных продуктов с 2,3 млрд руб. в 2020 году до 7 млрд руб. в 2021 году.

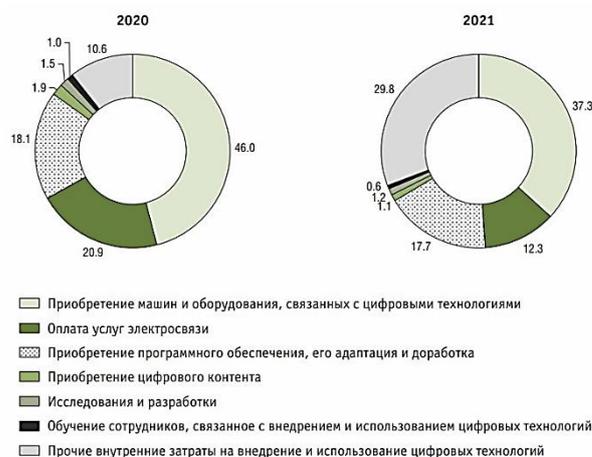


Рис. 5

Состояние цифровизации текстильной промышленности в Ивановской области

В Ивановской области с 2011 года предпринимались попытки сформировать текстильный кластер, который включал бы в себя технопарк, сами предприятия, инжиниринговый центр, ассоциацию предпринимателей текстильного и швейного производства и др. [10]. Однако попытки оказались неудачными.

Всего в текстильной отрасли региона зарегистрировано более 1000 предприятий, занято около 40 тыс. чел.

Самыми крупными текстильными предприятиями Ивановского региона являются: ООО "ТК Красная Талка", АО "Кинешемская ППТФ", ОАО "ХБК Шуйские ситцы", ООО "ХБК Навтекс", ООО "Родники – Текстиль" и др. Кроме того, работают текстильные холдинги: "Ивановское текстильное объединение", "ТДЛ Текстиль", ООО "Текстиль Холдинг", "Яковлевский". Наиболее крупными масштабами отличаются холдинги "Ивановское текстильное объединение" и "Яковлевский", оказывающие ключевое влияние на развитие текстильной промышленности Ивановского края.

Сегодня, чтобы быть лидерами на рынке текстильной продукции, данной отрасли нашего региона необходима цифровая трансформация [4]. Большинство товаров из Китая, Пакистана, Турции и стран Европы ввозятся нелегально и продаются по низким

ценам, с которыми сложно конкурировать отечественным производителям. Цифровая трансформация направлена прежде всего на повышение конкурентоспособности продукции. Цифровые технологии применяются с целью минимизации издержек и трудозатрат, повышения безопасности, сокращения негативного воздействия на окружающую среду и климат и т.д.

В рамках брейнсторма "Цифровая прокатка бизнеса. Ивановская область" проведена диагностика использования цифровых решений ведущими предприятиями текстильной отрасли. В результате определена степень готовности текстильных компаний к цифровым изменениям, а кроме того, проведена оценка внедрения цифровых технологий в деятельность предприятий и их воздействия на изменение бизнес-модели предприятий в целях повышения ее экономической эффективности.

Для Ивановского региона перспективными являются направления цифровизации предприятий: базисная информатизация, автоматизация бизнес-процессов, в том числе внедрение концепции сквозного учета и планирования работы, управления предприятием и др. [5], [6], [11].

Толчком развитию взаимоотношений поставщиков с покупателями служит внедрение цифровых решений в управление маркетингом, продажами, логистикой, цифровой кооперацией компаний, а также объединение российских и международных маркетплейсов по реализации товаров или услуг. Кроме того, эффективность маркетинга и планирования производства способны существенно повысить инструменты BigData.

Для успешного перехода на цифровые методы управления предприятиями края необходима поддержка Правительства Ивановского региона, так как предприятия текстильного кластера имеют ключевое значение для экономики региона.

Работа в этом направлении уже ведется [7]. Разработаны региональные проекты "Цифровые технологии", "Кадры для цифровой экономики", "Информационная безопасность", "Информационная инфраструктура", "Цифровое государственное управление" в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204

"О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" в рамках реализации национальной программы "Цифровая экономика".

Основными мероприятиями являются:

- содействие в оказании консультационной поддержки и информационного сопровождения компаний, разрабатывающих или внедряющих отечественное программное обеспечение, сервисы и платформенные решения на базе цифровых технологий и находящихся на территории Ивановской области;

- создание в регионе единой ИТ-инфраструктуры, которая обеспечивает информационную безопасность информационных систем Ивановского края, и др.

Переход на экономику "цифр" даст возможность промышленным отраслям в формате CRM автоматизировать учет операций с покупателями и выстроить подходы к эффективной работе, упорядочив ее, а также ускорив период протекания главных бизнес-процессов. Это обеспечит положительную динамику как количественных показателей производительности деятельности персонала, так и качественных.

В настоящее время Минпромторгом России в Государственной информационной системе промышленности внедряется сервис "Цифровой паспорт промышленного предприятия". Цель его внедрения – всеобъемлющая цифровизация производственных и административных процессов промышленных предприятий. Для каждого предприятия рассчитывается актуальный уровень цифрового развития. В качестве исходной информации используются сведения об отрасли промышленности, федеральном округе, масштабах компании, принадлежности к интегрированной структуре, численности персонала, выручке и другие.

Далее определяется класс предприятия в зависимости от места в матрице построения анкет. Так, в соответствии с рассчитанными весовыми значениями в 2021 году Минпромторгом России предложены ИТ-решения (табл. 1 – весовые значения групп ИТ-решений для отраслей промышленности (2021 г.))

Т а б л и ц а 1

Группы ИТ-решений	Отрасли*				
	Металлургия	Хим. пром.	Машиностроение	Легкая пром.	Медицин. пром.
Управление проектами, исследованиями, разработкой, проектированием и внедрением	1,8	1,4	2,6	1,1	0,8
Управление производственной деятельностью	2,8	3	2,8	2,5	2,8
Управление основными фондами и трудовыми ресурсами	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Источники данных	3	3	3	3	3
Управление финансово-хозяйственной деятельностью организаций	2,9	2,5	3	2,6	2,6
Управление контентом организаций	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Системы сбора, хранения, обработки, анализа, моделирования и визуализации массивов данных, обеспечения процесс интеграции	2,9	3	3	2,5	2,6
Другие решения	1	1	1	1	1

Примечание. Весовые коэффициенты приоритетных ИТ-решений: 0 – отсутствует; 1 – низкий; 2 – средний; 3 – высокий.

Данный подход позволит определить наиболее перспективные отрасли для дальнейшей поддержки со стороны федерального и регионального бюджетов.

Проблема цифровой трансформации бизнеса в России зависит от того, что вкладывается в понятие цифровой трансформации. Большинство хозяйствующих субъектов понимают под трансформацией автоматизацию. Переход на "цифру" невозможен без автоматизации.

К базовым идеям принадлежит точечное внедрение инноваторских технологий искусственного интеллекта, машинного зрения, обработки больших данных и интернета вещей. Переход на новые модели работы предприятия начинается через пересмотр бизнес-процессов и строится на основе постоянного анализа массива данных и постоянного мониторинга клиентского опыта. Это позволяет предприятиям подстраиваться к внешним факторам и меняющимся условиям.

Многие технологически развитые страны сталкиваются с теми же "цифровыми" проблемами, что и Россия.

Одной из проблем является проблема человеческого фактора: острая нехватка ИТ-кадров, недостаток цифровых компетенций у специалистов "традиционных" отраслей и невысокий уровень цифровой культуры [8, 12, 16].

Другой проблемой является сильное отставание регулирования цифровой трансформации от происходящих в этой области технологических изменений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, несмотря на ряд проблем, процесс цифровизации предприятий текстильной промышленности идет. Вместе с тем многочисленные задачи нужно решать. Они будут выполнены при государственной поддержке отечественной текстильной промышленности. Глава Российской Федерации В.В. Путин установил то, что цифровизация экономики – "это вопрос национальной безопасности и технологической независимости России, в полном смысле этого слова – нашего будущего".

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 N 203 "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы" [Электронный источник] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/ (дата обращения 05.11.2022).
2. Послание президента Федеральному собранию: главное для ИТ-отрасли // URL: <https://raec.ru/live/raec-news/12408/>.
3. Абдрахманова Г.И., Васильковский С.А., Вишневский К.О., Гохберг Л.М. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2022 / Нац. исслед. ун-т "Высшая школа экономики". М.: НИУ ВШЭ, 2023.
4. Дмитриев Ю.А., Петрухин А.Б., Хартанович К.В., Чистяков М.С. "Цифровизация" текстильной отрасли экономики // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 1. С. 15...20.
5. Онопук Е.Ю., Шахова И.Ю. Развитие экономики региона как бизнес-экосистемы // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2022. № 1(69). С. 6...11.
6. Шахова И.Ю., Онопук Е.Ю. Экономика региона: анализ региональных программ по экологической безопасности // Изв. вузов. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2022. № 1(51). С.121...130.
7. 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. С. 261...266.
8. Сорокина Т.Ю., Онопук Е.Ю. Комплексный анализ трудовых ресурсов промышленного регионально-отраслевого комплекса // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 10-2. С.173...180.

9. Wiesmann B. et al. Drivers and barriers to reshoring: a literature review on offshoring in reverse // *European Business Review*. 2017. Vol. 29. № 1. P. 15...42

10. Уткин А.И., Сперанский С.Н. Управление доходным потенциалом кластеро-образующих предприятий Ивановской области // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2019. № 3. С. 14...20.

11. Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т. Управление материальными ресурсами текстильного предприятия // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2022. №5. С. 160...166.

12. Степанова С.М., Голощанова Л.В., Сперанский С.Н., Пахотин Н.Е. Интегральная оценка экономического потенциала промышленного предприятия // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2021. №1. С. 5...10.

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

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

15. Лапишинов С.Б., Жукова Я.Э., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т. Повышение эффективности управления товарными запасами на основе создания статистических моделей // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2022. № 2. С. 59...64.

16. Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Темербаатарын А. Трудовой компонент в экономической безопасности текстильных предприятий Ивановской области // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2022. №3. С. 25...32.

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

18. *Thomopoulos N. Demand Forecasting for Inventory Control*. Springer, 2016. 183 p.

19. Ellram L.M., Tate W.L., Petersen K.J. Offshoring and reshoring: an update on the manufacturing location decision // *Journal of Supply Chain Management*. 2013. Vol. 49. № 2. P. 14...22.

20. *Backing Britain*. A Manufacturing base for the future. EEF. The Manufacturer's Organisation. London, 2013.

REFERENCES

1. Decree of the President of the Russian Federation dated 09.05.2017 N 203 "On the Strategy for the development of the information society in the Russian Federation for 2017-2030" [Electronic source] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/ (accessed 05.11.2022).

2. The President's message to the Federal Assembly: the main thing for the IT industry URL: <https://raec.ru/live/raec-news/12408/>.

3. Indicators of the digital economy: 2022: statistical collection / G.I. Abdrakhmanova, S.A. Vasilkovsky, K.O. Vishnevsky, L.M. Gokhberg et al.; Nats. research. Higher School of Economics UNI. Moscow: HSE, 2023. 332 p.

4. "Digitalization" of the textile industry of the economy / Yu.A. Dmitriev, A.B. Petrukhin, K.V. Khartanovich, M.S. Chistyakov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. № 1(391). Pp. 15-20.

5. Onopyuk E.Yu., Shakhova I.Yu. Development of the regional economy as a business ecosystem // *Modern high-tech technologies. Regional application*. 2022. № 1(69). Pp. 6-11.

6. Shakhova I.Yu., Onopyuk E.Yu. The economy of the region: analysis of regional programs on environmental safety // *Izvestia of higher educational institutions. Series: Economics, Finance and Production Management*. 2022. № 1(51). Pp. 121-130.

7. Ibatullina A.R., Krasina I.V., Bronskaya V.V. Aspects of the use of digitalization tools in the textile and light industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 2(398). Pp. 261-266.

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

9. Wiesmann B. et al. Driving forces and barriers to reorientation: a review of the literature on reverse offshoring // *European Business Review*. 2017. Vol. 29. № 1. P. 15...42.

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

11. Shakhova I.Yu., Speransky S.N., Amarzhargalan T. Management of material resources of a textile enterprise // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 5(401). Pp. 160-166.

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

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

14. Efremov D.E., Speransky S.N., Pakhotina I.N. Interaction of the warp threads with the back in complex motion // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2003. № 6(275). Pp. 43-46.

15. Improving the efficiency of inventory management based on the creation of statistical models / S.B. Lapshinov, Ya.E. Zhukova, S.N. Speransky, T. Amarzhargalan // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh*

Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. № 2(398). Pp. 59-64.

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

17. Efremov D.E., Speransky S.N. Leveling the tension of the warp thread on a double-backed loom // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1996. Vol. 6. Pp. 48-51.

18. Tomopoulos N. Forecasting demand for inventory management. Springer, 2016. 183 p.

19. Ellram L.M., Tate W.L., Petersen K.J. Offshoring and reorientation: updated information on the decision to locate production // Journal of Supply Chain Management. 2013. Vol. 49. No. 2. P. 14...22.

20. Support for Britain. Production base for the future. if. Manufacturer's Organization. London, 2013.

Рекомендована кафедрой экономики и прикладной математики РЭУ им. Г.В. Плеханова. Поступила 17.11.22.

УДК 677.02

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_29

ВНЕДРЕНИЕ CRM-СИСТЕМЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

IMPLEMENTATION OF CRM-SYSTEM AT TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

Е.Г. ЕРЛЫГИНА¹, Е.Н. ЕЛИСЕЕВА^{2,3}

E.G. ERLYGINA¹, E.N. ELISEEVA^{2,3}

¹Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
²НИТУ "МИСиС",

³Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации)

(Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs,
NUST MISIS,
Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Email: erlygina@mail.ru

Управление взаимоотношениями с клиентами является ключевым фактором роста и развития современных организаций текстильной промышленности. CRM-системы помогают компаниям понимать, устанавливать и развивать долгосрочные отношения с клиентами, а также удерживать существующих клиентов. Внедрение и использование CRM-системы на предприятиях текстильной промышленности повышает их деловую активность и приносит финансовую выгоду.

Customer relationship management is a key factor in the growth and development of modern textile industry organizations. CRM systems help companies understand, establish and develop long-term relationships with customers, as well as help retain existing customers. The introduction and the use of a CRM system in textile industry enterprises increases their business activity and brings financial benefits.

Ключевые слова: текстильная промышленность, удовлетворенность клиентов, управление взаимоотношениями.

Keywords: textile industry, customer satisfaction, relationship management.

Введение

В условиях растущей глобализации текстильная промышленность сталкивается с необходимостью поиска новых подходов к управлению предприятиями.

Одной из основных задач предприятий текстильной промышленности является организация сбыта готовой продукции, выявление и привлечение новых клиентов, а также удержание уже существующих.

Управление взаимоотношениями с клиентами является ключевым фактором роста и развития, повышения эффективности производительности и устойчивого конкурентного преимущества современных текстильных компаний [1].

В среднем компании тратят в шесть раз больше на привлечение новых клиентов, чем на их удержание. Поэтому сегодня многие фирмы уделяют больше внимания своим отношениям с уже существующими клиентами, чтобы удержать их.

Сегодня существуют технологии, предлагающие эффективные, но простые и удобные приложения, которые делают конверсию потенциальных клиентов легкой.

Система управления взаимоотношениями с клиентами – CRM (Customer Relationship Management) – это новый инструмент для управления и оптимизации продаж в компаниях. CRM – это интеграционный подход, доступный для управления отношениями. Чем больше менеджер знает о текстильных продуктах, рынке текстиля и конкурентах, тем увереннее он продает. Программное обеспечение CRM интегрируется с управлением запасами, общением с клиентами, продажами и маркетингом внутри организации. Этот процесс состоит из сбора, дифференциации и анализа данных о клиентах с целью оптимизации производительности и повышения удовлетворенности клиентов.

Основные критерии при выборе программного обеспечения CRM для предпри-

ятий текстильной промышленности представлены на рис. 1.

CRM, разработанные для производителей текстильной продукции, фиксируют сделки продавцов, заказы магазина, запросы из социальных сетей.



Рис. 1

При использовании программного обеспечения CRM компании текстильной промышленности имеют возможность собирать информацию о клиентах, анализируя показатели продаж, чтобы определить, какие товары пользуются популярностью, а какие – нет. Как только поступают данные, программное обеспечение CRM анализирует и оценивает информацию. Эта оценка определяет продукты, интересующие клиентов, сумму, которую клиент готов заплатить за определенные продукты, и факторы, влияющие на решение о покупке этих продуктов. Программное обеспечение CRM также предоставляет конкретную информацию о потенциальных, частых и лояльных клиентах. При интерпретации этих данных маркетинговые службы предприятия разрабатывают план продвижения и увеличения продаж выпускаемой продукции.

Результаты и обсуждения

Внедрение и использование CRM на предприятиях текстильной промышленности принесет прямые выгоды как с точки зрения финансовых показателей, так и с

точки зрения повседневной деловой активности. Позволит улучшить сотрудничество по всей глобальной цепочке поставок, передавая критически важную бизнес-информацию и ключевые процессы непосредственно торговым партнерам. Даст возможность легко вести бизнес за границей благодаря поддержке нескольких сайтов, валют и языков; заблаговременно выявлять проблемы с помощью инструментов прогнозирования и планирования, снижая к минимуму дефицит или излишки запасов; эффективно управлять цепями поставок, сокращать издержки, снизить себестоимость товара; полностью отслеживать рулонные товары по партии красителя, серии, качеству или другим параметрам товара.

Комплексное решение для всех каналов сбыта позволит устранить дублирование и уменьшить их количество, а также ускорить обмен транзакциями.

Каждая транзакция продажи может быть зафиксирована путем отслеживания записей о продажах, таких, как имя клиента, детали покупки и т.д. Компании могут установить систему автоматизации для фиксации таких транзакций. Эта функция поможет при анализе и стимулировании сбыта, отслеживании истории счета клиента для повторных или будущих продаж, а также при координации продаж. Для ведения учета клиентов могут быть установлены службы поддержки и колл-центры.

По статистическим данным использование CRM увеличивает объем продаж почти на 50%, а продуктивность менеджеров на 44% (рис. 2 – анализ продаж на предприятии до и после внедрения CRM- системы) [2].



Рис. 2

Грамотное управление дистрибуцией приводит к большей удовлетворенности клиентов, что, в свою очередь, положительно влияет на прибыльность компании.

CRM представляет компании технологию для ввода информации о клиентах в базу данных и использует Интернет для улучшения отношений с клиентами и установления более тесных связей с ними. Система обеспечивает глобальное представление в режиме реального времени о привлеченных и сохраненных клиентах и помогает повысить их лояльность.

CRM ориентирована на клиента и повышает эффективность взаимодействия с ним, обмениваясь информацией между платформами для беспрепятственного обслуживания клиентов. CRM позволяет предприятиям напрямую взаимодействовать с клиентами через корпоративные веб-сайты, витрины магазинов электронной коммерции и приложения самообслуживания. Управление взаимоотношениями с клиентами охватывает широкий спектр приложений, призванных помочь компаниям максимально повысить качество обслуживания клиентов на каждом этапе взаимодействия.

ВЫВОДЫ

CRM является частью более широкого набора программных средств и решений для управления интеллектуальным анализом данных. Позволяет принимать уверенные решения с помощью встроенных инструментов бизнес-аналитики; получать доступ к интеллектуальным бизнес-системам с любого устройства в любое время; иметь визуальное представление о клиентах, поставщиках, продуктах, процессах и продажах, используя информационные панели с ключевыми показателями эффективности для текстиля.

Чем больше менеджер знает о текстильных продуктах, рынке текстиля и конкурентах, тем увереннее он продает и выводит компанию на максимально эффективный уровень обслуживания клиентов, что повышает ее конкурентоспособность.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ерлыгина Е.Г., Филимонова В.Д.* Управление взаимоотношениями с клиентами // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. № 2. С. 212...218.
2. *Джеентаева К.М., Зими́на В.С.* Анализ применения CRM-систем на предприятиях // Молодой ученый. 2020. № 11 (301). С. 237...239.
3. *Ползунова Н.Н.* Система управления конкурентоспособностью как часть менеджмента организации // Журнал прикладных исследований. 2021. Т.4. № 2. С. 23...26.
4. *Ползунова Н.Н., Костыгова Л.А.* Качество экономического роста предприятий текстильной и швейной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 4. С.53...56.

2. *Dzheentaeva K.M., Zimina V.S.* Analysis of the use of CRM systems in enterprises // Young scientist. 2020. № 11 (301). P. 237...239.

3. *Polzunova N.N.* Competitiveness management system as a part of organization management // Journal of Applied Research. 2021. Vol. 4. № 2. P. 23...26.

4. *Polzunova N.N., Kostygova L.A.* Quality of Economic Growth of Textile and Clothing Industry Enterprises // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. №4. P. 53...56.

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 12.12.22.

REFERENCES

1. *Erlygina E.G., Filimonova V.D.* Customer relationship management // Bulletin of Science and Practice. 2020. Vol. 6. №. 2. P. 212...218.

УДК 338/51

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_32

МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

MECHANISM FOR ENSURING FINANCIAL SECURITY OF TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

V.V. ЗЕМСКОВ, В.И. ПРАСОЛОВ, М.Т. ПЕТРЕНКО

V.V. ZEMSKOV, V.I. PRASOLOV, M.T. PETRENKO

(Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации)

(Financial University under the Government of the Russian Federation)

E-mail: VVZemskov@fa.ru; VIPrasolov@fa.ru

В статье рассматриваются проблемы, связанные с процессом совершенствования механизма финансовой безопасности для предприятий текстильной промышленности, т.к. от условий влияния негативных риск-факторов на процесс обеспечения финансовой устойчивости во многом зависят объемы отгруженной конечной продукции и величина денежного потока, которые являются основными индикаторами оценки финансового благополучия реального сектора экономики. Существенную роль в этом вопросе играет формирование адекватного механизма обеспечения финансовой безопасности, который включает современную организационную структуру с учетом восприятия лучшей мировой практики, методики и процедуры механизма финансовой безопасности, которые напрямую влияют на эффективное функционирование предприятий текстильной промышленности.

The article deals with the problems associated with the process of improving the mechanism of financial security for textile enterprises, because under the influence of negative risk factors on the process of ensuring financial stability, the volumes of shipped final products and the amount of cash flow, which are the main indicators for assessing the financial well-being of the real sector of the economy, largely depend. An essential role in this matter is played by the formation of an adequate mechanism for ensuring financial security, which includes a modern organizational structure, taking into account the perception of the best world practices, methods and procedures of the financial security mechanism, which directly affect the effective functioning of textile enterprises.

Ключевые слова: нестабильность финансовой системы; финансовые ресурсы; механизм финансовой безопасности; эффективность и результативность деятельности предприятий текстильной промышленности.

Keywords: instability of the financial system; financial resources; financial security mechanism; efficiency and effectiveness of the textile industry enterprises.

Введение

Как известно, никакое государство не может существовать без соответствующей финансовой системы, так как финансовая система является фундаментом, на котором держатся все производственные отношения: будь это средства труда, предметы труда или человеческий капитал. Иными словами, без финансовой системы невозможно функционирование самого государства, как носителя публичного права. В настоящее время существующая судебная практика подтверждает выводы авторов о том, что ограниченность финансовых ресурсов может являться признаком нестабильности финансового состояния предприятий текстильной промышленности, что свидетельствует о несовершенстве механизма обеспечения финансовой безопасности. Поэтому важное значение в данном вопросе имеет осмысленная переоценка существующих подходов к обеспечению финансовой безопасности, которая позволит повысить уровень экономической стабильности предприятий текстильной промышленности. В этом вопросе государство как регулятор публичного права должно поддерживать стабильность функционирования финансовой системы и ее элементов, т.к. финансовая система входит в сферу национальных интересов государства. Следует

отметить, что через финансовую систему осуществляется аккумуляция, распределение и перераспределение финансовых ресурсов между различными отраслями экономики и социальными группами населения. Следовательно, обеспечение финансовой безопасности предприятий текстильной промышленности является стратегической задачей учредителей и собственников.

В стратегических нормативных документах по целеполаганию трактовка понятия "финансовая безопасность" не содержится. Поэтому следует обратиться к результатам исследования специальных прикладных наук. Так, коллектив авторов Финансового университета под финансовой безопасностью понимает разработку комплекса мер по обеспечению устойчивого развития в соответствии со стратегическими целями хозяйствующего субъекта, приносящих экономические выгоды на основе минимизации внутренних и внешних угроз [1]. При этом приводится классификация процесса обеспечения финансовой безопасности:

- финансовая безопасность государства;
- финансовая безопасность на региональном уровне;
- финансовая безопасность хозяйствующих субъектов.

Таким образом, у каждого субъекта управления возникает своя сфера ответственности по обеспечению финансовой безопасности.

В контексте данного научного исследования рассмотрим процесс обеспечения финансовой безопасности предприятий текстильной промышленности.

Результаты

Сложно представить современный мир без финансов, которые участвуют в развитии и деградации различных отраслей экономики страны. Наиболее системным инструментом в успешном развитии текстильной промышленности является обеспечение ее финансовой безопасности. Механизм ее обеспечения включает разнообразные инструменты – от классических операций с денежными средствами до использо-

вания искусственного интеллекта в развитии своих продуктов. Однако обеспечение финансовой безопасности предприятий текстильной промышленности, в частности разработка механизмов, способствующих успешному развитию, остается основополагающим и на текущий момент времени, так как непосредственно влияет на эффективность развития производства и обращения в целом. Сохраняют лидерство вопросы, связанные со сбережением денежных средств и, как следствие, с рисками возможных потерь.

Далее с использованием экономико-статистических методов проведем исследования риск-факторов, непосредственно влияющих на эффективность хозяйственной деятельности предприятий текстильной промышленности.

Таблица 1

Показатель	Выручка от продаж, млн.руб (X)	Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, млн.руб. (X1)	Индекс производства, % к предыдущему году (X2)	Индекс цен, % (X3)	Среднегодовая численность работников, тыс. чел.(X4)	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, руб. (X5)	Средняя фактическая продолжительность рабочего времени, ч/год на 1 работника (X6)	Число предприятий и организаций (X7)	Основные фонды коммерческих организаций, млрд.руб. (X8)	Инвестиции в основной капитал, млрд.руб. (X9)	Сальдированный финансовый результат, млн.руб. (X10)	Рентабельность проданных товаров, продукции, % (X11)	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, млн.руб. (X12)	Ткани – всего, млн м2 (X13)
2020	207 380	281 043	109,7	107,4	85,2	30 101	1 660,1	5 653	98,1	8,8	10 547	10,7	2,3	7 381
2019	162 410	239 186	101,8	100,0	83,2	26 466	1 715,7	6 144	88,4	13,7	9 541	7,2	3,5	5 979
2018	155 563	230 283	102,5	106,8	94,2	25 179	1 713,0	6 740	75,1	10,6	5 252	5,8	3,3	5 996
2017	353 610	107,1	100,6	90,0	22371,0	1 715,2	7 276	74,5	10,0	7 662	8,3	146 208	4,3	6036
2016	350 465	114,9	99,83	100,6	20488,7	1 713,7	9 136	73,9	6,9	22 538	11,0	189 376	4,6	5457
2015	353 610	99,4	100,02	102,9	18276,7	1 701,8	9 831	77,4	7,2	8 043	12,8	242 208	4,8	4530

В целях проведения исследования обеспечения финансовой безопасности предприятий текстильной промышленности отобраны ключевые показатели за 2018-2020 годы, которые, по мнению авторов, наиболее полно отображают особенности хозяйственной деятельности:

- Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, млн руб.

- Индекс производства, % к предыдущему году.
- Индекс цен, %.
- Среднегодовая численность работников, тыс. чел.
- Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, руб.
- Средняя фактическая продолжительность рабочего времени, ч/год на 1 работника.

- Число предприятий и организаций.
- Основные фонды коммерческих организаций, млрд руб.
- Инвестиции в основной капитал, млрд руб.
- Сальдированный финансовый результат, млн руб.
- Рентабельность проданных товаров, продукции, %.

- Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, %.
- Ткани – всего, млн м².

Для экономико-математической модели показатель выручки примем в качестве зависимой переменной Y , а выбранные показатели – независимыми переменными X .

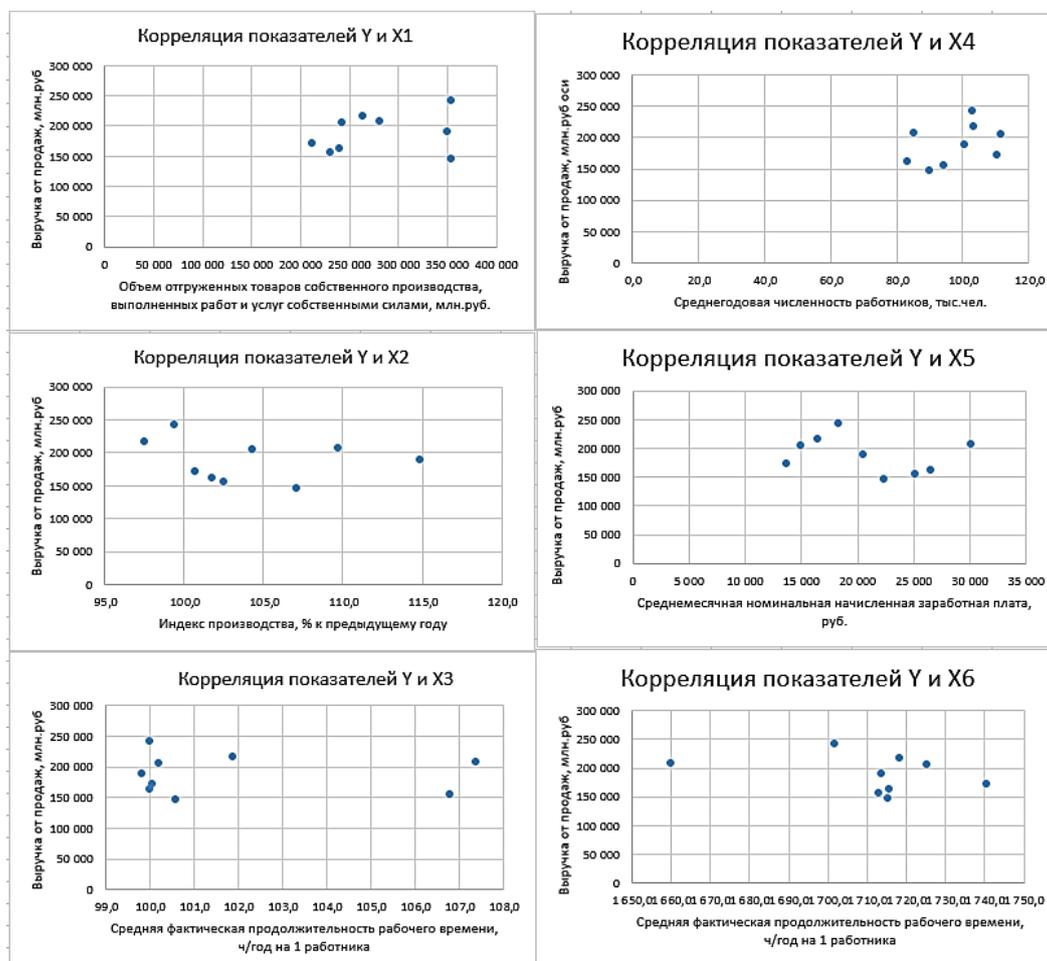


Рис. 1

Далее для проведения регрессионного анализа воспользуемся наиболее распространенным и надежным линейным уравнением регрессии:

$$Y_t = f(X_i) + e_t,$$

где Y – выручка, X_i – i -й фактор влияния на выручку, e_t – ошибка прогноза.

Каждый фактор X_i необходимо проверить на предмет возможности использования его как независимой переменной.

Установим с помощью коэффициента парной корреляции тесноту связи каждого из выделенных факторов в отдельности с объемом выручки. Для этого построим графики (рис. 1, 2).

В табл. 2 представлены коэффициенты корреляции для каждого фактора.

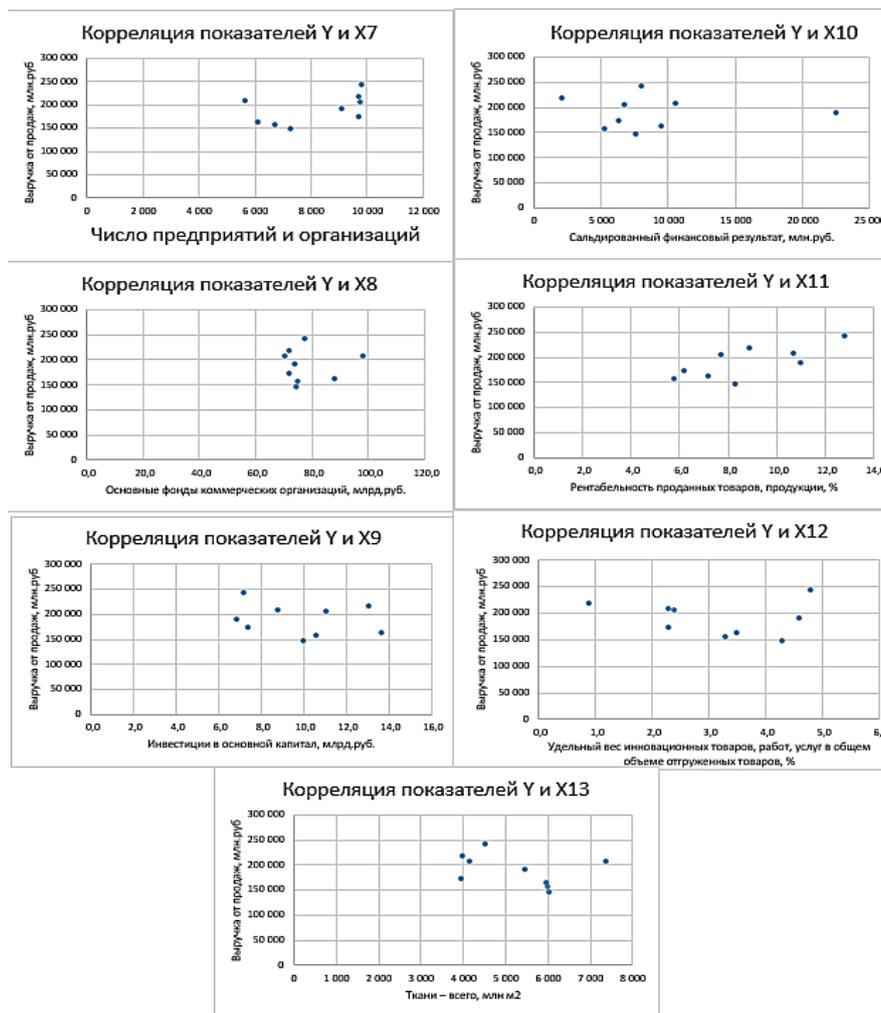


Рис. 2

Таблица 2

Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, млн руб.	Индекс производства, % к предыдущему году	Индекс цен, %	Среднегодовая численность работников, тыс. чел.	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, руб.	Средняя фактическая продолжительность рабочего времени, ч/год на 1 работника	Число предприятий и организаций	Основные фонды коммерческих организаций, млрд руб.	Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	Сальдированный финансовый результат, млн руб.	Рентабельность проданных товаров, продукции, %	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, %	Ткани – всего, млн м ²
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
0,25	-0,20	-0,07	0,40	-0,30	-0,33	0,51	0,05	-0,22	-0,02	0,74	-0,15	-0,36

Как видно из графиков и коэффициентов корреляции, линейная связь между выручкой и рассматриваемыми факторами в разной степени существует во всех случаях,

кроме факторов X3, X8, X10 – индекс цен, %, основные фонды коммерческих организаций, млрд руб., сальдированный финансовый результат, млн руб., соответственно.

Регрессионная статистика								
Множественный R	1							
R-квадрат	1							
Нормированный R-квадрат	65535							
Стандартная ошибка	0							
Наблюдения	9							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	13	8137063048	625927926,8	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!			
Остаток	0	0	65535					
Итого	13	8137063048						
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	4580573,063	0	65535	#ЧИСЛО!	4580573,063	4580573,063	4580573,063	4580573,063
Переменная X 1	0,29355912	0	65535	#ЧИСЛО!	0,29355912	0,29355912	0,29355912	0,29355912
Переменная X 2	0	0	65535	#ЧИСЛО!	0	0	0	0
Переменная X 3	0	0	65535	#ЧИСЛО!	0	0	0	0
Переменная X 4	2851,93002	0	65535	#ЧИСЛО!	2851,93002	2851,93002	2851,93002	2851,93002
Переменная X 5	3,055730081	0	65535	#ЧИСЛО!	3,055730081	3,055730081	3,055730081	3,055730081
Переменная X 6	-2337,757866	0	65535	#ЧИСЛО!	-2337,757866	-2337,757866	-2337,757866	-2337,757866
Переменная X 7	-40,77799033	0	65535	#ЧИСЛО!	-40,77799033	-40,77799033	-40,77799033	-40,77799033
Переменная X 8	0	0	65535	#ЧИСЛО!	0	0	0	0
Переменная X 9	394,9923374	0	65535	#ЧИСЛО!	394,9923374	394,9923374	394,9923374	394,9923374
Переменная X 10	2,523204693	0	65535	#ЧИСЛО!	2,523204693	2,523204693	2,523204693	2,523204693
Переменная X 11	0	0	65535	#ЧИСЛО!	0	0	0	0
Переменная X 12	0	0	65535	#ЧИСЛО!	0	0	0	0
Переменная X 13	-96,10068119	0	65535	#ЧИСЛО!	-96,10068119	-96,10068119	-96,10068119	-96,10068119

Источник: разработано авторами

Для чистоты проверки построим однофакторные модели и проверим влияние каждого показателя на выручку. При проверке значимости влияния выбранных индикаторов на выручку установлено, что R-квадрат переменных X1, X2, X10, X11, X13 получился меньше значения 0,5. Это говорит о том, что выбранная модель не соответствует целям исследования, т.е. она некачественная.

Теперь, установив, что вышеуказанные отобранные показатели в отдельности дают

$$Y = -23,80 + 2943,61X_4 + 2914,89X_5 + 18,38X_6 - 410,47X_7 + 9,42X_8 + 3599,63X_9 + 0,24X_{12}.$$

Как видим из данной модели, наибольшее влияние на обеспечение финансовой безопасности предприятий текстильной промышленности оказывает X4 (среднегодовая численность работников, тыс. чел.), X5 (среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, руб.), X6 (средняя фактическая продолжительность рабочего времени, ч/год на 1 работника), X8 (основные фонды коммерческих организаций, млрд руб.), X9 (инвестиции в основной капитал, млрд руб.) и X12 (удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, %), а X7

удовлетворительные результаты (показатели R-квадрата больше 0,5, а значения переменных X больше 1), можем осуществить общий регрессионный анализ линейной модели. Применяв пакет анализа данных MS Excel, получаем результаты, отраженные ниже.

Регрессионная линейная модель зависимости выручки от отобранных показателей имеет следующий вид:

(число предприятий и организаций) имеет обратное влияние данного показателя на объем выручки.

Таким образом, исходя из проведенного исследования можем сделать вывод о том, что механизм обеспечения финансовой безопасности предприятий текстильной промышленности базируется на трудовых ресурсах и основных фондах. Это означает, что чем больше в производстве участвует компетентных сотрудников, осуществляющих свою деятельность на современных станках, оборудовании и т.д., тем больше отгружается качественной конечной про-

дукции в адрес покупателей, тем самым обеспечивается постоянный приток денежного потока, что в конечном счете влияет на финансовую устойчивость предприятий текстильной промышленности.

Стратегия развития текстильной промышленности

Уильям Гибсон говорил, "будущее уже наступило, просто оно неравномерно распределено". Отчасти эта фраза верна: в зависимости от культуры и уровня развития государства на "наступление будущего" влияют разные тенденции. Однако основные, наиболее сильные течения, которые определяют магистральные пути развития человечества на горизонте ближайших 20–30 лет, можно наблюдать уже сейчас. Государство большое внимание уделяет эффективному развитию легкой промышленности. Подтверждением этого является разработка стратегических документов развития легкой промышленности России на период до 2020 года и проект развития до 2025 года.

Стратегия развития до 2020 года предусматривала сохранение и развитие отечественной текстильной промышленности за счет модернизации и технического перевооружения существующих и создания новых современных производств по выпуску конкурентоспособного ассортимента продукции бытового и медицинского назначения, домашнего и технического текстиля с широким диапазоном использования химических волокон и нитей [2].

Проект Стратегии развития до 2025 базируется на использовании новых видов натуральных и химических волокон (полиэфирных и вискозных), которые по своим качествам не уступают зарубежным аналогам, а иногда даже превосходят их. Для производства натуральных волокон Россия имеет обширную сырьевую базу: лен, джут, пенька, конопля. В производстве химических волокон широко используются такие продукты переработки каменного угля и нефти, как этилен, ацетилен, бензол, фенол и другие. В рамках реализации данного направления в Ивановской области разработан программа развития инновационного текстильно-промышленного кластера на период 2016–2025 гг. с определением целевых индикаторов [3]. В качестве драйвера экономического развития Ивановской области определен рост объема отгруженной инновационной продукции собственного производства, выполненных инновационных работ и услуг собственными силами организаций, что подтверждает наши выводы по данному исследованию.

В настоящее время по региону наблюдается относительно положительная динамика производства текстильных изделий и одежды, что наглядно представлено в табл. 4 (индекс производства текстильных изделий Ивановской области в % к предыдущему году).

Т а б л и ц а 4

Год	2017	2018	2019	2020	2021
Производство текстильных изделий	105,0	107,3	103,3	106,3	107,1
Производство одежды	131,9	113,0	101,1	117,1	100,1

Источник: составлено авторами на основании источника [5]

По мнению многих экспертов в области текстильного производства, проект Стратегии развития до 2025 более точно отражает возможности рынка [4].

Учитывая значительную роль легкой промышленности в обеспечении экономической и стратегической безопасности, занятости трудоспособного населения и повышении его жизненного уровня в новых

геополитических условиях, ведущие мировые страны уделяют особое внимание развитию отрасли и оказывают ей существенную инвестиционную поддержку.

Специалисты агентства Business Stat ожидают, что до 2025 года в России спрос на текстиль со стороны потребляющих отраслей и населения будет восстанавливаться, а вместе с ним вырастут и предло-

жения тканей – как отечественных, так и зарубежных [6].

Эксперты компании "ФинПромторг" предполагают, что в 2022 году доля производства тканей в объеме российского рынка снизится до 45 %, и делают вывод, что отечественная текстильная продукция теряет свои конкурентные преимущества. Наблюдаемый в текстильной отрасли России застой связан прежде всего с тем, что внутренний рынок еще мало освоен, а, следовательно, возможность роста есть у всех. В целом к серьезной конкуренции на международном рынке мы пока не готовы. Отечественный люкс занимает всего 3% российского рынка, в среднем сегменте занято около 13%, 25% относится к масс-маркету – пока нам есть куда расти и здесь, у себя дома [6].

Опираясь на мнения вышеуказанных экспертов, можно акцентировать внимание на том, что на сегодняшний день текстильная отрасль России переживает непростые времена, предстоит провести реструктуризацию всех этапов производственного процесса, опираясь на такие методы, как реинжиниринг бизнес-процессов и процессный подход, что в конечном счете позволит повысить эффективность и результативность хозяйственной деятельности.

Авторы исследования придерживаются такого подхода, который учитывает лучшую мировую практику в области текстильного производства, а именно:

будет расти глобальный спрос на ткани, состоящие из синтетических волокон, т.к. производство этих волокон становится рентабельным и привлекательным для мирового рынка;

на передовые позиции будет выходить производство экологически чистых тканей;

будет формироваться новая модель развития текстильного производства за счет внедрения циркулярной экономики, целью которой является формирование безотходной культуры производства на основе внедрения новейших технологий по переработке отходов и бережливого производства, обеспечивающих эффективность хозяйственной деятельности.

Важно принятие срочных мер по обеспечению финансовой устойчивости и безопасности текстильной отрасли. При анализе научных исследований, посвященных развитию легкой промышленности, установлено, что некоторые эксперты в области финансовой безопасности фиксируют снижение темпов экономического развития отрасли, и сегодня в первую очередь встает вопрос о ее выживании в долгосрочной перспективе [6]. В этих утверждениях авторы видят новые возможности для успешного развития предприятий текстильной промышленности. Во-первых, следует обратить внимание на необходимость переосмысления существующих бизнес-процессов с целью совершенствования механизма обеспечения финансовой безопасности, основой которого, по мнению авторов, является клиентоориентированный подход, учитывающий запросы и ценности потребителей. Во-вторых, в практику управления следует внедрить процессы рационального использования имеющихся ресурсов (финансовых, трудовых, технологических, информационных), исключающие возможности возникновения непроизводительных потерь в виде брака конечной продукции и снижения его качества, т.к. риски снижения качества продукции в стратегических документах отмечаются как угроза национальной безопасности, что в конечном счете влияет на финансовую безопасность предприятий текстильной промышленности. В-третьих, в обеспечении финансовой безопасности следует шире использовать такой формат сотрудничества, как частно-государственное партнерство, которое предполагает возможности получения долгосрочных инвестиций, что позволит эффективно управлять структурой капитала.

Авторами предлагаются практические основы разработки алгоритма последовательных действий по обеспечению финансовой безопасности текстильной отрасли, который в условиях санкционного давления становится очень востребованным (рис. 3: составлено авторами).



Рис.3

На начальном этапе необходимо провести мониторинг внешней и внутренней среды с целью оценки кризисных явлений и вероятностного прогноза их дальнейшего развития. Вторым этапом определяются направления и влияние кризисных проявлений на текущую деятельность предприятия. Здесь необходим сравнительный анализ результатов работы за последние три-четыре года. Это позволит критически оценить, как руководством и собственниками предприятий текстильной промышленности проводились корректирующие мероприятия по достижению установленных целей, а также выполнить прогнозирование основных индикаторов роста финансовой устойчивости с целью выявления надежного тренда развития. Здесь особое внимание должно быть уделено анализу нормативно-правовых документов, регулирующих деятельность текстильной отрасли на федеральном и региональном уровнях управления, по оказанию финансовой помощи в виде предоставления целевых ассигнований, льгот и различных субсидий из бюджетов разного уровня. В условиях санкционного давления западных стран основным драйвером экономического развития любой отрасли является государственная поддержка в виде формирования современной финансовой инфраструктуры, отвечающей новым вызовам и угрозам.

Как показывает практика обеспечения финансовой безопасности, немаловажным фактором повышения финансовой устойчивости является участие субъектов хозяйствования в программах импортозамещения, где на основе кооперационных связей предлагаются различные варианты участия (от проектного финансирования до выпуска отдельных видов продукции, отвечающих современным требованиям по экологичности и качеству).

Таким образом, предложенная экономико-математическая модель позволяет оптимизировать основные затраты на производственный процесс, моделировать негативные риски и угрозы на внешнем и внутреннем контурах, осуществлять своевременное реагирование на изменения и планировать развитие предприятия на перспективу.

Оптимизация затрат дает положительный эффект и позволяет руководству обеспечивать устойчивое развитие предприятия текстильной отрасли.

Основными источниками оптимизации затрат могут стать:

1. Повышение производительности труда, что позволит увеличить расходы на оплату труда и избавиться от неэффективных работников. При этом при реализации социальной политики необходимо предусмотреть различные программы переподготовки кадров с целью повышения компетенций и знаний, необходимых для работы на высокотехнологичном оборудовании.

2. Пересмотр утвержденных удельных норм расхода материалов, не отвечающих требованиям рациональности и эффективности, поиск новых поставщиков.

3. Минимизация общепроизводственных затрат, аренда, обслуживание, услуги – эти статьи требуют особого внимания при оптимизации затрат.

4. Снижение накладных расходов, расходов на рекламу, исследование, представительских расходов.

5. Оптимизация системы управления за счет внедрения риск-ориентированного подхода и эффективная реализация функций структурных подразделений. Исключение дублирования.

Прекрасно понимая, что предлагаемые меры не являются полными и абсолютными, считаем необходимым обратить внимание на данные расходы для разработки политики финансовой безопасности предприятий текстильной промышленности.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование показывает необходимость повышения финансовой

устойчивости за счет использования организационных, финансовых, технологических, информационных ресурсов, направленных на минимизацию как внутренних, так и внешних угроз. Рекомендуется предприятиям текстильной промышленности в общую систему управления интегрировать риск-ориентированный подход, воспользовавшись нормами кодекса корпоративного управления ЦБ РФ.

При выборе добросовестных контрагентов использовать передовую практику проверки благонадежности клиентов, например, требования ФНС России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земсков В.В. и др. Финансовая и налоговая безопасность / под общей ред. В.В. Земскова. М.: Прометей, 2019.

2. Приказ Минпромторга РФ от 24.09.2008 № 853 "Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятий по ее реализации". КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/online/>.

3. План мероприятий по реализации Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2025 года. Проект / Официальный сайт Министерства промышленности и торговли РФ [Электронный ресурс]. URL: http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/250615-Plan_realizatsii_strategii-ITOG.docx.

4. Жаркова Н.Н. Стратегия развития легкой промышленности: новые направления и целевые показатели // Экономика, предпринимательство и право. 2017. Т. 7. № 4. С. 253...261.

5. Лысова Е.Г. Перспективы перехода текстильной промышленности Ивановской области на экономику замкнутого цикла // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2022): сб. мат. междунар. науч.-техн. конф., Москва, 16 ноября 2022 г. М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2022. Ч. 3. С. 163...167.

6. Текстильный рынок России: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. Profpost <https://sdo-regional.ru/prof-post/tekstilnyj-rynok-rossii-problemy-i-perspektivy>

7. Белгородский В.С., Кащеев О.В., Генералова А.В. и др. Обеспечение деятельности предприятий текстильной промышленности в условиях финансового кризиса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 1. С. 18...22.

8. Егорова А.О., Поляков М.А. Основные положения стратегии развития легкой промышленности на период до 2025 года // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2015. № 5. С. 205...207.

9. Тувин, А.А., Шляпугин Р.В. Основные направления развития ткацкого машиностроения в России

// Первая конференция научно-образовательного консорциума "Иваново", Иваново, 16–21 мая 2022 года. Иваново: Ивановский государственный университет, 2022. С. 359...362.

10. Лысова Е.Г. Современное состояние и использование инновационных финансовых продуктов в текстильной отрасли Ивановской области // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 4. С.5.

11. Антонова Д.В. Развитие текстильной промышленности в России // Молодежь и системная модернизация страны: сб. науч. ст. 7-й Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. В 5 т. Курск, 19–20 мая 2022 года / отв. редактор М.С. Разумов. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. Т. 5. С. 296...298.

12. Эргашев А.Х. Перспективы направления совершенствования процесса ввода в эксплуатацию и использования основных фондов на текстильных предприятиях // Государственное и муниципальное управление в России: состояние, проблемы и перспективы: мат. всерос. науч.-практ. конф., Пермь, 17 ноября 2022 года / редколлегия: Т.В. Евтух, Л.Ю. Мхитарян [и др.], отв. ред. А.Н. Самойлов, отв. за вып. С.А. Котова. Пермь: Пермский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, 2022. С. 174...179.

REFERENCES

1. Zemskov V.V. et al. Financial and tax security / edited by V.V. Zemskov. M.: Prometheus Publishing House, 2019.

2. Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation dated September 24, 2008 No. 853 "On Approval of the Strategy for the Development of Light Industry in Russia for the period up to 2020 and the Action Plan for its implementation". Consultant Plus [Electronic resource]. URL: <http://www.consultant.ru/online/>.

3. Action plan for the implementation of the Strategy for the development of light industry in Russia for the period up to 2025. Project. Official site of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation [Electronic resource]. URL: http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/250615-Plan_realizatsii_strategii-ITOG.docx.

4. Zharkova N.N. Light Industry Development Strategy: New Directions and Targets // Economics, Entrepreneurship and Law. 2017. V. 7. No. 4. S. 253...261.

5. Lysova E.G. Prospects for the transition of the textile industry of the Ivanovo region to a circular economy // International scientific and technical conf.: Design, technology and innovation in the textile and light industry (INNOVATION-2022): sat. mat. Moscow, November 16, 2022. Part 3. M.: RGU named after A.N. Kosygina, 2022. S. 163...167.

6. Textile market in Russia: problems and prospects [Electronic resource]. Profpost <https://sdo-regional.ru/prof-post/tekstilnyj-rynok-rossii-problemy-i-perspektivy>

7. Belgorodskii V.S., Kashcheev O.V., Generalova A.V. and others. Ensuring the activities of textile industry enterprises in the financial crisis // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. No. 1. S. 18...22.

8. Egorova A.O., Polyakov M.A. The main provisions of the strategy for the development of light industry for the period up to 2025 // *New science: Current state and ways of development*. 2015. No. 5. S. 205...207.

9. Tugin, A.A., Shlyapugin R.V. The main directions of development of weaving machinery in Russia // The first conference of the scientific and educational consortium "Ivanovo", Ivanovo, May 16–21, 2022. Ivanovo: Ivanovo State University, 2022. S. 359...362.

10. Lysova E.G. Current state and use of innovative financial products in the textile industry of the Ivanovo region // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. No.4. P.5.

11. Antonova D.V. Development of the textile industry in Russia // *Sat. scientific Art. 7th Intern. scientific conf. students and young scientists: Youth and systemic modernization of the country*. In 5 volumes. Kursk, May 19–20, 2022 / Ed. editor M.S. Razumov. Kursk: South-Western State University, 2022. Vol. 5. S.296...298.

12. Ergashev A.Kh. Prospects for improving the process of commissioning and use of fixed assets at textile enterprises // *Mat. All-Russian scientific and practical. Conf.: State and Municipal Management in Russia: Status, Problems and Prospects*, Perm, November 17, 2022 / Editorial Board: T.V. Evtukh, L.Yu. Mkhitaryan [and others], responsible. ed. A.N. Samoilov, responsible for issue S.A. Kotov.- Perm: Perm Branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, 2022. Pp. 174...179.

Рекомендована департаментом экономической безопасности и управления рисками Финансового университета. Поступила 13.01.23.

УДК 338.246.2: 334.02: 677

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_42

КРОСС-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

CROSS-FUNCTIONAL MANAGEMENT OF THE PERFORMANCE OF A TEXTILE ENTERPRISE BUSINESS PROCESSES USING THE BALANCED SCORECARD

А.И. УТКИН¹, С.Н. СПЕРАНСКИЙ², О.Н. РЯБОВА³, Т. АМАРЖАРГАЛАН⁴

A.I. UTKIN, S.N. SPERANSKY, O.N. RYABOVA, T. AMARJARGALAN

¹Санкт-Петербургский государственный университет,

²Ивановский филиал Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова,

³Шуйский филиал Ивановского государственного университета,

⁴Монгольский университет технологии и дизайна, (Монголия)

¹Saint-Petersburg State University,

²Ivanovo branch of the Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov,

³Shuya branch of Ivanovo State University,

⁴Mongolian University of Science and Technology, (Mongolia)

E-mail: alexeyutkin98@mail.ru; spira1971@mail.ru; ryabovaon@mail.ru; tamarjargalan@yahoo.com

Актуальность темы исследования обусловлена диверсификацией деятельности текстильных предприятий Ивановской области и необходимостью обеспечения непрерывности управления эффективностью их ключевых бизнес-процессов при кросс-функциональном взаимодействии всех структурных подразделений данных организаций. Статья посвящена проблеме идентификации направлений и критериев оценки эффективности

процедуры кросс-функционального управления бизнес-процессами текстильного предприятия на основе сбалансированной системы показателей. Цель исследования состоит в разработке на примере системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль" корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей, интегрированной с инструментарием кросс-функционального управления эффективностью ключевых бизнес-процессов в рамках стратегических перспектив устойчивого развития организации. Для достижения цели применены методы критического, системного, сравнительного, качественного, корреляционного анализа, методы группировки, систематизации, интерпретации, абстракции, синтеза, графического и процессного моделирования, обобщения, прогнозирования (проецирования) на основе технологий ERP-систем. В рамках предложенного авторского подхода, состоящего в применении кросс-функций ERP-систем для установления взаимосвязи и коммуникации между ключевыми составляющими деятельности системообразующего текстильного предприятия, проведен корреляционный анализ совокупного потенциала эффективности бизнес-процессов ООО "ТДЛ Текстиль" для определения проекций корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей. С использованием ERP-инструментов выявлены направления и критерии оценки эффективности кросс-функционального управления. В результате исследования сформирована модель кросс-функционального управления эффективностью бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия на основе ERP-функций в рамках стратегических проекций корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей. Выявление критериев эффективности кросс-функций подтверждает возможность непрерывного управления потенциалом текстильного предприятия в условиях создания единого информационного пространства его деятельности. Разработанная модель отражает перспективы устойчивого развития текстильного предприятия при воздействии инновационных механизмов на его экономический потенциал.

The relevance of the research topic is due to the diversification of the activities of Ivanovo region textile enterprises and the need to ensure continuity of performance management of their key business processes in cross-functional interaction of these organizations all structural divisions. The article is devoted to the problem of identification of directions and criteria for evaluating the performance of the cross-functional management procedure for business processes of a textile enterprise through the Balanced Scorecard. The purpose of the study is to develop, on the example of the system-forming textile enterprise LLC "TDL Textile", the corporate innovative model of the Balanced Scorecard integrated with the cross-functional management tools of the key business processes performance within the strategic prospects of sustainable development of the organization. To achieve the purpose of writing the article, methods of critical, systematic, comparative, qualitative, correlation analysis, methods of grouping, systematization, interpretation, abstraction, synthesis, graphical and process modeling, generalization, forecasting (projection) through ERP system technologies were applied. Within the framework of the proposed authors' approach, consisting in the use of cross-functions of ERP systems to establish the relationship and communication between the key components of the system-forming textile enterprise, a correlation analysis of the cumulative potential of the LLC "TDL Textile" business processes performance was carried out to determine the projections of the Balanced Scorecard corporate innovative model. Using

ERP tools, the directions and criteria for evaluating the performance of cross-functional management were identified. As a result of the study, the model of cross-functional management of the business processes performance of the system-forming textile enterprise through ERP functions within the strategic projections of the corporate innovative model of the Balanced Scorecard was formed. The identification of criteria for the performance of cross-functions confirms the possibility of continuous management of the potential of a textile enterprise in the conditions of creating a single information space for its activities. The developed model reflects the prospects for sustainable development of a textile enterprise under the influence of innovative mechanisms on its economic potential.

Ключевые слова: кросс-функциональное управление, текстильное предприятие, бизнес-процессы, эффективность, ERP-системы, кросс-функции, стратегические проекции, инновационная модель сбалансированной системы показателей, модель кросс-функционального управления.

Keywords: cross-functional management, textile enterprise, business processes, performance, ERP systems, cross-functions, strategic projections, innovative model of the Balanced Scorecard, cross-functional management model.

Введение

В настоящее время в условиях диверсификации российской текстильной промышленности и многопрофильного развития деятельности системообразующих текстильных предприятий Ивановской области возрастает необходимость кросс-функционального взаимодействия всех структурных подразделений внутри данных организаций, позволяющего обеспечить непрерывность управления эффективностью ключевых бизнес-процессов и сформировать единое информационное пространство для реализации стратегических целей устойчивого развития. Текстильное предприятие ООО "ТДЛ Текстиль", признанное системообразующим в соответствии с перечнем, утвержденным Указом Губернатора Ивановской области от 30 марта 2020 года [1], занимает лидирующее положение в текстильной промышленности региона, характеризуется надежностью функционирования собственного экономического потенциала и осуществляет кросс-функциональное управление бизнес-процессами при коммуникации различных подразделений с целью определения стратегических перспектив дальнейшего повышения эффективности. При этом существующая неоднородность кросс-функциональных коммуникаций ООО "ТДЛ Текстиль", опреде-

ляющая в процессе сотрудничества между его подразделениями децентрализацию принятия управленческих решений и неравномерность обработки информационных потоков бизнес-процессов, требует создания инновационного подхода к выбору направлений и критериев оценки эффективности процедуры кросс-функционального управления текстильным предприятием. Информационной управленческой основой необходимого инновационного подхода следует считать концепцию корпоративной модели сбалансированной системы показателей. Формирование стратегических проекций данной инновационной модели в кросс-функциональном управлении эффективностью бизнес-процессов должно зависеть от качества и достоверности применяемого программно-аналитического инструментария генерации информационных потоков, влияющего на постановку направлений реализации кросс-функций и выбор оценочных критериев.

Проблема исследования заключается в определении направлений и критериев оценки эффективности процедуры кросс-функционального управления бизнес-процессами текстильного предприятия на основе сбалансированной системы показателей.

Цель исследования – разработка на примере системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль" корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей, интегрированной с инструментарием кросс-функционального управления эффективностью ключевых бизнес-процессов в рамках стратегических перспектив устойчивого развития организации.

Достижение поставленной цели требует выполнения трех основных задач:

- предложить на основе критического анализа и обобщения существующих зарубежных и российских теоретических исследований авторский подход к идентификации направлений и критериев оценки эффективности кросс-функционального управления бизнес-процессами системообразующего текстильного предприятия, позволяющий определить стратегические проекции инновационной модели сбалансированной системы показателей;

- выявить стратегические проекции, направления и критерии оценки эффективности процедуры кросс-функционального управления бизнес-процессами системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль" в рамках корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей;

- разработать модель кросс-функционального управления эффективностью бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль" в рамках стратегических проекций корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей.

При написании статьи проанализированы исследования К. Хамфриса, С. Ли, И. Акуффо, Н.Е. Куняева, В.С. Канхвы, А. Хабиба, М. Стахле [2...8], в разные временные периоды занимавшихся вопросами кросс-функционального управления эффективностью различных экономических систем, проблемами взаимодействия и коммуникации бизнес-процессов и элементов (подразделений) данных систем в контексте формирования сбалансированной системы показателей.

Методы исследования

Методами исследования являются критический анализ, системный анализ, сравнительный анализ, качественный анализ, корреляционный анализ, группировка, систематизация, интерпретация, абстракция, синтез, графическое и процессное моделирование, обобщение, прогнозирование (проецирование) на основе программно-аналитических технологий ERP-систем.

В исследовании использован авторский подход, состоящий в применении кросс-функций ERP-систем для установления взаимосвязи и коммуникации между бизнес-процессами по ключевым аспектам деятельности системообразующего текстильного предприятия в процессе программно-аналитической генерации стратегических проекций корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей.

Результаты и обсуждения

Проведенный критический анализ существующих концепций зарубежных и российских исследователей позволил установить общую приверженность их подходов принципу определения направлений и критериев оценки эффективности кросс-функционального управления бизнес-процессами текстильного предприятия, состоящему в оценке возможностей перекрестного участия основных внутрифирменных подразделений в повышении капитализации компании и наращивании ее стоимости (с дальнейшей идентификацией вклада каждого ведущего специалиста предприятия в трансформацию корпоративной стратегии). Однако в отношении системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль" использование данного общего теоретического принципа, предложенного авторами рассмотренных подходов, невозможно в связи с отлаженным механизмом выявления степени участия и вклада структурных подразделений исследуемой организации в повышение эффективности ее ключевых бизнес-процессов, разнонаправленным характером реализации экономического потенциала и способностью самостоятельно навязывать тенденции кросс-функционального управления

другим предприятиям текстильной промышленности региона [9].

В условиях необходимости цифрового регулирования обратной связи между взаимодействующими подразделениями и изменениями потенциала эффективности ООО "ТДЛ Текстиль" нами предложен авторский подход к идентификации направлений и критериев оценки эффективности кросс-функционального управления бизнес-процессами системообразующего текстильного предприятия, заключающийся в использовании кросс-функций ERP-систем с

целью генерации взаимодействия и коммуникации ключевых составляющих экономического потенциала в процессе программно-аналитического формирования корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей (рис. 1 – графическая модель кросс-функциональной взаимосвязи бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия на основе технологий ERP-систем (авторский подход)).

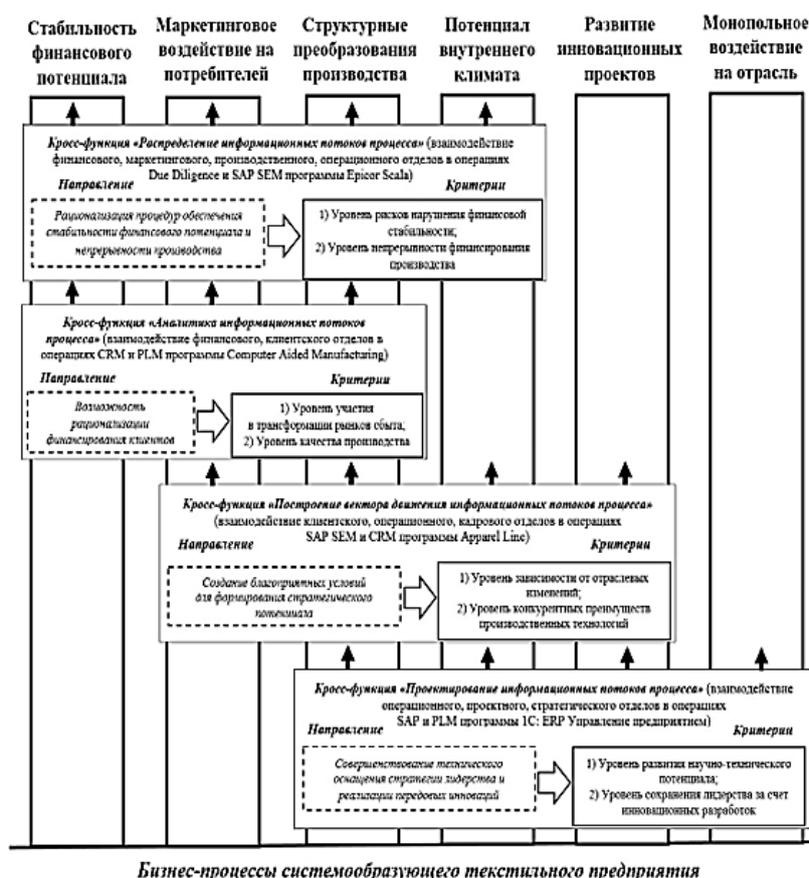


Рис. 1

Для определения стратегических проекций корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей, образуемых за счет кросс-функциональной ERP-генерации информационных потоков ключевых бизнес-процессов исследуемого предприятия, необходимо в рамках предложенного нами авторского подхода провести корреляционный анализ совокупного потенциала эффективности бизнес-процессов

ООО "ТДЛ Текстиль", что позволит выявить составляющие (проекции), оказывающие наибольшее влияние на потенциал организации. При проведении расчетов парных коэффициентов корреляции (r), коэффициентов множественной корреляции (R) и детерминации (R^2) использованы следующие величины:

- совокупный потенциал эффективности бизнес-процессов системообразующего тек-

стильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль" (результатирующий признак) (Y), млрд руб.;

- составляющая (бизнес-процесс) "Стабильность финансового потенциала" (X1), млрд руб.;

- составляющая (бизнес-процесс) "Маркетинговое воздействие на потребителей" (X2), млрд руб.;

- составляющая (бизнес-процесс) "Структурные преобразования производства" (X3), %;

- составляющая (бизнес-процесс) "Потенциал внутреннего климата" (X4), %;

- составляющая (бизнес-процесс) "Развитие инновационных проектов" (X5), единиц;

- составляющая (бизнес-процесс) "Монопольное воздействие на отрасль" (X6), %.

Исходные данные для анализа сформированы на основе показателей информационно-аналитической системы Bloomberg Professional по ООО "ТДЛ Текстиль" за 2015-2021 гг. [10] (табл. 1 – исходные данные для корреляционного анализа совокупного потенциала эффективности бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль").

Т а б л и ц а 1

Год	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2015	31,90	0,19	47,80	0,58	55,53	37425	0,08
2016	34,90	0,29	48,10	1,14	56,14	38655	0,24
2017	36,60	0,50	51,40	2,25	56,75	39540	0,07
2018	37,30	0,93	53,80	0,15	57,35	39240	0,06
2019	36,40	0,59	57,60	1,50	58,14	10160	0,20
2020	37,20	0,47	62,10	4,43	58,20	42678	0,30
2021	39,20	1,24	65,10	1,15	59,25	44564	0,00

Результаты корреляционного анализа получены с использованием программного обеспечения STATISTICA 8.0.550 (табл. 2 – показатели тесноты связи и влияния ключевых составляющих (бизнес-процессов) на интегральную величину совокупного потенциала эффективности бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль").

Результаты корреляционного анализа получены с использованием программного обеспечения STATISTICA 8.0.550 (табл. 2 – показатели тесноты связи и влияния ключевых составляющих (бизнес-процессов) на интегральную величину совокупного потенциала эффективности бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль").

Т а б л и ц а 2

Показатель корреляции	r_{YX1}	r_{YX2}	r_{YX3}	r_{YX4}	r_{YX5}	r_{YX6}	R	R ²
Значение показателя	0,85	0,81	0,26	0,89	0,83	-0,15	0,88	0,77

Представленные в таблице показатели корреляции свидетельствуют о том, что при неоднородном характере связи факторов с результирующим признаком на совокупный потенциал эффективности бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль" (Y) в большей степени влияют составляющие "Стабильность финансового потенциала" (X1), "Маркетинговое воздействие на потребителей" (X2), "Потенциал внутреннего климата" (X4), "Развитие инновационных проектов" (X5). Правомерно утверждать, что стратегическими проекциями корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей выступают данные бизнес-процессы.

В результате исследования выявление стратегических проекций и идентификация с использованием ERP-инструментов оценочных направлений и критериев позволили разработать модель кросс-функционального управления, отражающую перспективные стратегические направления повышения эффективности бизнес-процессов (табл. 3 – модель кросс-функционального управления эффективностью бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия ООО "ТДЛ Текстиль" на основе ERP-функций в рамках стратегических проекций корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей).

Стратегическая проекция корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей	Критерии оценки эффективности процедуры кросс-функционального управления бизнес-процессами	Прогнозные перспективы кросс-функционального управления эффективностью бизнес-процессов		
		Направление оценки эффективности процедуры кросс-функционального управления бизнес-процессами	Фактор успеха кросс-функционального взаимодействия бизнес-процессов	Стратегическое направление повышения эффективности бизнес-процессов при их кросс-функциональной коммуникации
Стабильность финансового потенциала	1. Уровень рисков нарушения финансовой стабильности. 2. Уровень непрерывности процесса финансирования производства	Рационализация процедур обеспечения стабильности финансового потенциала и непрерывности производственного процесса (ERP-функция "Распределение информационных потоков процесса")	Высокий уровень мотивации и формирование корпоративной финансовой культуры сотрудников взаимодействующих подразделений	Расстановка организационных приоритетов, обеспечивающих спонсирование мероприятий финансового управления и их поддержку со стороны руководства
Маркетинговое воздействие на потребителей	1. Уровень участия подразделений в трансформации рынков сбыта. 2. Уровень качества производственных технологий	Возможность рационального использования дополнительных финансовых ресурсов при сохранении уровня удовлетворенности потребителей и качества производственного процесса (ERP-функция "Аналитика информационных потоков процесса")	Сохранение репутации предприятия и уникальности производственных технологий как основы имиджа компании	Повышение ценности производственного механизма и выпускаемой продукции за счет адаптации к новым рынкам и нахождения компромисса между компетенциями персонала и изменениями предпочтений клиентов
Потенциал внутреннего климата	1. Уровень зависимости от отраслевых изменений. 2. Уровень востребованности конкурентных производственных технологий	Создание благоприятных условий для формирования стратегического потенциала (ERP-функция "Построение вектора движения информационных потоков процесса")	Высокий уровень ответственности специалистов взаимодействующих подразделений и их подотчетность для выполнения миссии организации	Повышение уровня самоопределения сотрудников и выстраивание системы взаимодействия для обновления внутрифирменного интеллектуального капитала и улучшения производственного климата
Развитие инновационных проектов	1. Уровень развития научно-технического потенциала. 2. Уровень сохранения лидерства за счет инновационных разработок	Совершенствование технического оснащения при выполнении стратегии лидерства и реализации передовых инноваций (ERP-функция "Проектирование информационных потоков процесса")	Высокий уровень моральной и технологической поддержки для повышения квалификации персонала при проектировании инновационных разработок	Повышение уровня приверженности персонала перспективным инновационным идеям и высокотехнологичным разработкам при модернизации производственного комплекса предприятия и улучшении качества подготовки кадров

Практическая значимость результатов исследования заключается в целесообразности применения разработанной корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей и интегрированной с ней модели кросс-функционального управления эффективностью бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия при реализации региональных правительственных программ поддержки, развития и расширения сфер деятельности текстильно-промышленного комплекса Ивановской области.

Направлением дальнейших исследований должен стать поиск путей адаптации разработанного механизма кросс-функционального управления бизнес-процессами к условиям деятельности других системообразующих предприятий текстильной промышленности региона, имеющих специфику, сходную с ООО "ТДЛ Текстиль".

ВЫВОДЫ

1. В рамках графической модели предложенного авторского подхода определение направлений оценки эффективности процедуры кросс-функционального управления бизнес-процессами системообразующего текстильного предприятия позволило с использованием технологий ERP-систем идентифицировать критерии оценки кросс-функций, образующие стратегические проекции корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей.

2. Разработана управленческая модель, отражающая стратегические направления повышения эффективности бизнес-процессов системообразующего текстильного предприятия при их кросс-функциональном взаимодействии на основе ERP-функций в разрезе стратегических проекций корпоративной инновационной модели сбалансированной системы показателей.

3. Выявление с помощью стратегических проекций, оценочных направлений и критериев прогнозных перспектив кросс-функционального управления эффективностью бизнес-процессов подтверждает возможность непрерывного управления потен-

циалом системообразующего текстильного предприятия в условиях создания единого информационного пространства коммуникации его структурных подразделений.

4. Сформированная модель объединяет перспективы устойчивого развития системообразующего текстильного предприятия при воздействии инновационных механизмов реализации кросс-функций ERP-систем на его экономический потенциал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перечень системообразующих предприятий Ивановской области. Указ Губернатора Ивановской области от 30.03.2020 [Электронный ресурс] (дата обращения 27.12.2022).

2. *Humphreys K.A., Gary M.S., Trotman K.T.* Dynamic Decision Making Using the Balanced Scorecard Framework // *Accounting Review*. 2016, Vol. 91. № 5. P. 1441...1465.

3. *Lee S., Costello F.J., Lee K.C.* Hierarchical Balanced Scorecard-based Organizational Goals and the Efficiency of Controls Processes // *Journal of Business Research*. 2021. № 132. P. 270...288.

4. *Akuffo I.N.* Cross-functional Teams and Innovation Performance: The Case of Multinational Enterprises // *International Journal of Export Marketing*. 2020. Vol. 3. № 3. P. 204...218.

5. *Куняев Н.Е.* Государственные меры поддержки текстильной промышленности // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2018, № 2. С. 28...32.

6. *Канхва В.С.* Управление производительностью труда в организациях текстильной промышленности на основе сбалансированной системы показателей // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2019. № 2. С. 34...39.

7. *Habib A.* Management of Textile and Apparel Industry by PDM and ERP Software // *Cotton Bangladesh*. 2011. Vol. 4. P. 33...36.

8. *Stahle M., Ahola T., Martinsuo M.* Cross-functional Integration for Managing Customer Information Flows in a Project-based Firm // *International Journal of Project Management*. 2019. Vol. 37. № 1. P. 145...160.

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

10. База данных Bloomberg [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bloomberg.com/europe> (дата обращения 27.12.2022).

REFERENCES

1. List of the system-forming enterprises of Ivanovo region. Decree of the Governor of Ivanovo region dated 30.03.2020 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://derit.ivanovoobl.ru/upload/medialibrary/cd3/>

(accessed 27.12.2022).

2. Humphreys K.A., Gary M.S., Trotman K.T. Dynamic Decision Making Using the Balanced Scorecard Framework // Accounting Review. 2016, Vol. 91. № 5. P. 1441...1465.

3. Lee S., Costello F.J., Lee K.C. Hierarchical Balanced Scorecard-based Organizational Goals and the Efficiency of Controls Processes // Journal of Business Research. 2021. № 132. P. 270...288.

4. Akuffo I.N. Cross-functional Teams and Innovation Performance: The Case of Multinational Enterprises // International Journal of Export Marketing. – 2020, Vol. 3. № 3. P. 204...218.

5. Kunyaev N.E. State Measures to Support Textile Industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. № 2. P. 28...32.

6. Kankhva V.S. Management of Labor Productivity in Textile Industry Organizations based on Balanced Scorecard // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. № 2. P. 34...39.

7. Habib A. Management of Textile and Apparel Industry by PDM and ERP Software // Cotton Bangladesh. 2011. Vol. 4. P. 33...36.

8. Stahle M., Ahola T., Martinsuo M. Cross-functional Integration for Managing Customer Information Flows in a Project-based Firm // International Journal of Project Management. 2019. Vol. 37. № 1. P. 145...160.

9. Utkin A.I., Speransky S.N. Income Potential Management of the Cluster-Forming Enterprises of Ivanovo Region // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. № 3. P. 14...20.

10. Bloomberg [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bloomberg.com/europe> (accessed 27.12.2022).

Рекомендована кафедрой экономики и прикладной информатики Ивановского филиала РЭУ имени Г.В. Плеханова. Поступила 28.01.23.

УДК 338.486

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_50

ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКОГО БРЕНДА В СФЕРЕ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

FORMATION OF THE CONCEPTUAL FOUNDATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF A TOURIST BRAND IN THE FIELD OF LIGHT INDUSTRY

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

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

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

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

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

Актуализации развития внутреннего туризма способствуют как национальные интересы страны, представленные в Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 года и Стратегии развития внутреннего туризма в РФ на период до 2035 года, так и новые вызовы объективной реальности – ковидные ограничения, геополитический фон, санкционное давление. В статье приведена количественная и качественная характеристика туристского потенциала Владимирской области и соседних регионов, известных своим ткачеством, шитьем, производством натуральных тканей, – Ивановской и Костромской областей – для развития промышленного туризма в сфере легкой промышленности. На основе собранной статистической информации и проведенного анализа сформированы концептуальные основы туристского маршрута "Текстильный край", способствующего укреплению вертикальной и горизонтальной интеграции территорий и дальнейшей кластеризации отрасли.

The actualization of the domestic tourism development is promoted by both the national interests of the country, presented in the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025 and the Strategy for the Development of Domestic Tourism in the Russian Federation for the period up to 2035, and new challenges of objective reality – covid restrictions, geopolitical background, sanctions pressure. The article provides quantitative and qualitative characteristics of the tourist potential of the Vladimir region and neighbouring regions, known for their weaving, sewing, production of natural fabrics – Ivanovo and Kostroma regions – for the development of industrial tourism in the field of light industry. Based on the collected statistical information and the analysis, the conceptual foundations of the Textile Edge tourist route have been formed, which contributes to strengthening the vertical and horizontal integration of territories and further clustering of the industry.

Ключевые слова: туристский бренд, туристский потенциал регионов, промышленный туризм, легкая промышленность.

Keywords: tourism brand, tourism potential of regions, industrial tourism, light industry.

Введение

Туризм, как важный сектор экономики России, имеет значительный потенциал в укреплении социально-экономического развития территорий, их интеграции и взаимодействия.

В Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года туризм в перечне перспективных экономических специализаций выделен в 85% субъектов РФ, что подчеркивает важность развития данного сектора на территории практически всей страны [2]. В число туристских регионов вошла и Владимирская область.

Согласно статистическим данным в 2021 году число российских туристов, зарегистрированных в коллективных средствах размещения, составило 66 млн чел., что выше в два раза по сравнению с периодом десятилетней давности (37 млн чел.) [11]. В качестве ключевого показателя в Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года предусмотрено увеличение к 2035 году количества внутренних туристских поездок на одного жителя страны более чем в 2 раза [3].

Актуализации развития внутреннего туризма в 2020–2022 гг. способствовали и новые вызовы в мировом пространстве – огра-

ничение мобильности населения в ковидный период, геополитическая нестабильность, санкционное давление на Россию и ухудшение дипломатических отношений с целым рядом стран, повышение роли и значения патриотизма и консолидации российского общества.

Рассматривая актуальность вопроса в региональном аспекте, подчеркнем вероятность улучшения социально-экономического потенциала туристских территорий вследствие развития туристского предложения и формирования новых маршрутов для внутреннего и въездного туризма – это диверсификация экономики регионов, комплексное развитие туристских территорий, привлечение инвестиций в туристский сектор, сокращение безработицы, рост покупательского спроса, удовлетворение потребностей населения в отдыхе, личностном развитии и др. Одним из перспективных туристских направлений может стать промышленный туризм, что подчеркнуто в Стратегии развития туризма в РФ до 2035 года, том числе в легкой индустрии [3].

Перечисленное подчеркивает актуальность темы исследования, затронутой авторами, и служит предпосылкой для формирования концептуальных основ развития туристских брендов в сфере легкой про-

мышленности Владимирской области и соседних "текстильных" территорий, что и стало целью настоящего исследования. Для достижения цели необходимо:

- оценить туристский потенциал Владимирского края и соседних регионов, известных своим ткачеством, шитьем, производством натуральных тканей, – Ивановской и Костромской областей – для развития промышленного туризма в сфере легкой промышленности;

- сформировать концептуальные основы туристского маршрута "Текстильный край" с участием вышеперечисленных регионов.

Методы исследования

Теоретические аспекты территориального маркетинга и региональной экономики определили методологическую базу исследования. Для получения авторских выводов использовались аналитический, сравнительно-исторический и статистический методы.

С целью формирования концептуальных основ развития промышленного туризма в сфере легкой промышленности Владимирской области и ее соседних территорий использованы данные Федеральной службы государственной статистики, информационных туристских порталов регионов.

Для решения первой задачи была дана количественная и качественная характеристика туристского потенциала в сфере легкой индустрии Владимирской, Ивановской и Костромской областей. Анализ структуры обрабатывающей промышленности названных регионов в докризисном 2019 г. позволил определить долю легкой промышленности в каждой из них и оценить вклад данного сектора экономики в ВРП территорий. Для качественной характеристики туристского потенциала регионов проведен сравнительный анализ "текстильных" брендов трех областей, локализующихся на территориях субъектов хозяйственной деятельности, и музейных объектов, связанных с легкой промышленностью. Выявленный туристский потенциал регионов послужил базой для формирования концептуальных основ туристского маршрута "Текстильный

край" и расширения направлений межрегионального сотрудничества соседних территорий.

Для решения второй задачи исследования проанализированы существующие экскурсионные программы, связанные с объектами легкой промышленности в каждом из трех регионов, с опорой на официальные информационные тематические ресурсы – сайты туристско-информационных центров и туристские порталы регионов. Для комплексного наращивания туристского потенциала и усиления роли легкой промышленности в структуре ВРП Владимирской, Ивановской и Костромской областей предложена концепция бренда "Текстильный край", способствующего укреплению вертикальной и горизонтальной интеграции территорий и дальнейшей кластеризации отрасли.

Результаты и обсуждения

Согласно ГОСТ Р ИСО 13810-2016 "Туристские услуги. Промышленный туризм. Предоставление услуг" промышленный туризм определен как посещения и мероприятия на объекте, позволяющие посетителям понять процессы и секреты производства, относящиеся к прошлому, настоящему или будущему [1]. Популяризация промышленного туризма – мировая тенденция, что подтверждают выводы отечественных и зарубежных авторов [8, 12, 13]. Это направление актуализировано в Стратегии развития туризма в РФ и может быть связано с любым сектором экономики. В данной статье рассмотрим возможности его развития в сфере легкой промышленности Владимирской области.

Несмотря на небольшой удельный вес в структуре ВРП Владимирской области (за 2008-2019 гг. доля легкой промышленности варьировала в диапазоне 1,8-4,1%), состояние сектора можно определить как устойчивое и наименее подверженное влиянию экономических кризисов, о чем упоминалось в авторской статье ранее [5]. Легкая промышленность области продемонстрировала наименьшую подверженность кризисам и отличается стабильным вкладом в ВРП и бюджет региона, формируя надежные предпосылки для развития туризма в этом эко-

номическом секторе и наращивания туристского потенциала в интеграции с соседними территориями [4, 6]:

– Ивановской областью, текстильной промышленности которой насчитывается более 250 лет;

– Костромской областью, знаменитой льнопроизводством с 1866 года.

Межрегиональное взаимодействие перечисленных территорий в вопросах попу-

ляризации и развития туризма в текстильной индустрии будет способствовать укреплению региональных экономик и расширению потенциала отрасли, количественное выражение которого представлено в табл. 1 (составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики [10]).

Т а б л и ц а 1

Показатели	Владимирская область	Ивановская область	Костромская область
ВРП, млн руб.	537 435	249 756	202 926
Доля обрабатывающего производства в структуре ВРП:			
– в млн руб.	173591,505	44956,08	46470,054
– в процентах	32,3	18,0	22,9
Доля легкой промышленности в структуре обрабатывающего производства:			
– в млн руб.	6422,89	19016,42	1254,69
– в процентах	3,7	42,3	2,7

Согласно данным табл. 1 легкая промышленность представлена в структуре обрабатывающего производства всех трех областей, при этом вклад ее в добавочный продукт регионов значительно отличается как в абсолютном, так и в относительном выражении. Наиболее заметна роль дан-

ного сектора в экономике Ивановской области (19016,42 млн руб.), наименее – в Костромской (1254,69 млн руб.).

Качественная характеристика туристского потенциала в сфере легкой индустрии приведена в табл. 2.

Таблица 2

Категории	Текстильные бренды территорий		
	Владимирская область	Ивановская область	Костромская область
Вышивка	Мстёрская вышивка	Пучежская вышивка Строчевая вышивка	Костромская народная вышивка
Шитье, плетение, роспись	Лоскутное шитье Роспись по шёлку	Лоскутное шитье Ковроткачество	Галичское кружево
Ткани	Киржачский шёлк	Ивановский ситец	Костромской лён
Музеи	Мстёрский художественный музей (п. Мстёра), Интерактивный музей – мастерская народных промыслов "Гороховецкие умельцы" (г. Гороховец), Дом штапельного платья (г. Суздаль)	Музей ивановского ситца (г. Иваново), Экспозиция "Художественные промыслы Ивановского края" (жаккардовое ткачество, вышивка из Пучежа) (г. Плёс), Клубы "Лоскутная мозаика" и "Русский стиль" (г. Иваново), Палехский Дом ремёсел (пос. Палех), Гаврилово-Посадский центр русского народного творчества, Южский Дом ремёсел (г. Южа), АНО Этнокомплекс "Ремесленное подворье" (Ивановский район), Центр русского народного творчества (г. Гаврилов Посад)	Музей Большой Костромской льняной мануфактуры, Музей-усадьба льна и бересты (г. Кострома)

Предприятия	Швейная фабрика "Победа" (г. Владимир), Швейная фабрика АО "Сударь" (г. Ковров), Мастерская "Шелковая коллекция" (г. Кольчугино), Киржачский шелковый комбинат, Камешковская прядильно-ткацкая фабрика, АО "Юрьев-Польская ткацко-отделочная фабрика "Авангард"", АО "Александровский трикотаж" и др.	АО "Ивановская текстильно-галантерейная фабрика", Швейная фабрика "Айвенго", ООО "Сарафаново", Первая Текстильная Компания, Швейное предприятие "АНРИА", Швейное предприятие "Адамант", Швейное производство "Батник" (г. Иваново), Швейная фабрика "Шелковый Путь" (с. Богородское), "Шуйская строчевышивальная фабрика" (г. Шуя) и др.	Ткацкое производство Музея Большой Костромской льняной мануфактуры, Костромское обособленное подразделение ОАО "Московская шерстопрядильная фабрика", ООО "ППО "Орбита"" (г. Кострома) и др.
-------------	---	--	--

Данные табл. 2 демонстрируют богатую текстильную палитру во всех трех регионах. На территориях рассматриваемых областей сохранились исторически сложившиеся текстильные бренды, ремесла, музеи и субъекты хозяйственной деятельности – представители текстильного и швейного производства. Количественная и качественная составляющие ткацкого производства территорий создают благоприятные условия и хорошие предпосылки для развития туризма в этом экономическом секторе.

На момент написания материала на официальных информационных тематических ресурсах (сайтах туристско-информационных центров и туристских порталах регионов) зафиксированы лишь две экскурсионные программы с текстильной тематикой (табл. 3):

- "Кольчугино – город мастеров и ремесел" (Владимирская область);
- "Ситцевый экспресс" (Ивановская область).

Таблица 3

Туристские сайты	Экскурсионные программы, включающие посещение объектов легкой промышленности
Региональный информационный центр развития туризма Владимирской области Тур выходного дня (vladtourism.ru)	"Кольчугино – город мастеров и ремесел" (в программу входит посещение художественной мастерской "Батик-стиль")
Официальный сайт туризма в Ивановской области (visitivanovo.ru)	"Ситцевый экспресс" (Шуя-Иваново)
Туристско-информационный центр Костромской области Туристический портал Костромской области Туризм и отдых в Костроме Золотое Кольцо России (kostromatravel.ru)	-

Считаем, что объединение туристского потенциала регионов и обогащение спектра туристских продуктов обеспечат экономикам территорий кумулятивный эффект, будут способствовать расширению состава целевых аудиторий, корпоративную часть которых могут представлять группы, вовлеченные в производство и популяризацию товаров народного промысла, существующие и потенциальные бизнес-представители текстильного, швейного производств и сопряженных с ними отраслей.

В сегменте B2C в качестве покупателей туристского продукта могут выступать:

- группы школьников, учащиеся образовательных учреждений рассматриваемых территорий, осуществляющих знакомство с родным краем в рамках усиления патриотического воспитания молодежи;
- студенты вузов и ссузов, выбор профессии которых связан с легкой промышленностью;

– туристы-новаторы, "уставшие" от традиционных туристских маршрутов, находящиеся в поисках новых впечатлений и информации;

– представители творческих профессий, креативных индустрий и др.

Таким образом, устойчивой опорой формирования и развития туристских маршрутов по "текстильным" регионам являются:

– национальные приоритеты в развитии внутреннего туризма, в том числе промышленного;

– высокий количественный и качественный туристский потенциал в сфере легкой промышленности рассмотренных территорий;

– близость территорий друг к другу и легкость в построении "текстильных" маршрутов.

Перечисленное может служить надежным обоснованием актуальности формирования бренда "Текстильный край" (рис. 1).

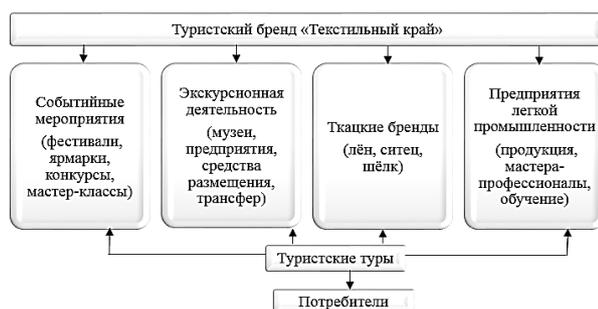


Рис. 1

В качестве основы туристского бренда предлагаем рассматривать:

1. Событийные мероприятия (event-маркетинг), все разнообразие которых можно разделить на праздники (ситеца, льна, шелка и др.), фестивали (лоскутного шитья, кружевоплетения, вышивки и др.), деловые и образовательные форумы (инвестиционные конгрессы и форумы в области ткацкого и швейного производств), выставки и ярмарки, сопровождаемые мастер-классами, играми и конкурсами.

2. Экскурсионные программы, включающие посещение музеев, мастерских и предприятий легкой промышленности, перечень которых представлен в табл. 2.

3. Встречи с известными мастерами в области ткачества, кружевоплетения, вышивки, лоскутного шитья, росписи по тканям.

4. Продажу ткацких, швейных изделий, сувенирной продукции.

Параллельно с развитием материнского бренда "Текстильный край" не исключается продвижение и дочерних брендов: "Ивановский ситец", "Костромской лен", "Киржачский шелк", "Мстерская вышивка", "Пучежская вышивка", "Костромская народная вышивка", "Галичское кружево" и др. Формирование творческой кластерной грозди взаимосвязанных брендов и бизнесов может открыть дополнительные рабочие места в регионах.

Создание в Ивановской области особой экономической зоны, специализирующейся на легкой промышленности, к 2024 г. (в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 27.09.2021 № 1615) позволит расширить туристский потенциал маршрута. В настоящее время уже проявили интерес к преференциальной территории производитель смесовой пряжи и тканей со специальными свойствами для одежды и униформы, предприятие по окрашиванию трикотажных полотен, компания по созданию единого маркетплейса для торговли продукцией ивановских производителей легпрома [9].

Взаимодействие трех регионов в вопросах расширения туристских маршрутов будет способствовать переходу от идеологии региональной конкуренции к идеологии межрегионального сотрудничества и комплексному развитию территорий, включая коммунальную и транспортную инфраструктуру, улучшение объектов показа, благоустройство музейных зон и туристских территорий в целом.

Разработка концепции и мастер-планов развития туристских территорий укрепит взаимодействие органов власти всех уровней с бизнес-сообществом и может форсировать получение в перспективе государственной поддержки в вопросах формирования межрегионального текстильного кластера [7] или формирования специального

преференциального режима на приоритетных туристских территориях.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного анализа позволяют сделать ряд значимых выводов, подкрепляющих актуальность развития туристского бренда в сфере легкой промышленности:

1. Созданию новых турпродуктов способствуют новая объективная реальность, национальные приоритеты в развитии внутреннего туризма, в том числе промышленного, высокий потенциал в сфере легкой индустрии Владимирской области и соседних регионов, известных своим ткачеством, шитьем, производством натуральных тканей.

2. Для интеграции регионов и формирования туристского бренда "Текстильный край" территории Владимирской, Ивановской и Костромской областей имеют хороший количественный и качественный потенциал, что подтверждают статистические показатели о долевом распределении ВРП, а также сохранившиеся ткацкие бренды, музеи, предприятия, известные персоналии.

3. Концептуальную основу туристского бренда "Текстильный край" могут составить ткацкие бренды (Костромской лен, Ивановский ситец, Киржачский шелк, Мстерская вышивка и др.), событийные мероприятия, связанные с ними (фестивали, ярмарки, конкурсы), экскурсионные программы музеев, мастерских и предприятий, продукция предприятий легкой промышленности, в том числе сувенирная, встречи с известными мастерами, обучение и мастер-классы.

4. Взаимодействие трех регионов в вопросах расширения туристских маршрутов обеспечит кумулятивный эффект, укрепляя межрегиональное сотрудничество и способствуя комплексному социально-экономическому развитию территорий. Расширение потока туристов на территориях может способствовать укреплению их имиджевой составляющей, повышению внимания со

стороны инвесторов, сохранению трудового потенциала регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 13810-2016. Туристские услуги. Промышленный туризм. Предоставление услуг [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142466?ysclid=ld08i90snd692509379> (дата обращения: 28.10.2022).

2. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. Распоряжение Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. № 207-р [Электронный ресурс]. – URL: Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года | Министерство экономического развития Российской Федерации (economy.gov.ru) (дата обращения: 20.10.2022).

3. Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 20 сентября 2019 г. № 2129-р [Электронный ресурс]. – URL: Стратегия развития туризма в Российской Федерации в период до 2035 года (tourism.gov.ru) (дата обращения: 20.10.2022).

4. *Кайдашова А.К.* Трансформация туристской отрасли Владимирской области в условиях пандемии // Экономика и предпринимательство. 2022. № 1 (138). С. 461...465.

5. *Кайдашова А.К., Сизганова Е.Ю., Ашин А.А.* Состояние легкой промышленности Владимирской области в контексте экономических кризисов 21 века // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 4. С. 12...19.

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

7. *Луховская О.К., Шарова Л.И., Ананьев М.А., Грузинцева Н.А.* Концептуальные основы развития текстильных кластеров в условиях сохранения и воспроизводства культурного потенциала монопрофильных регионов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1. С. 5...9.

8. *Пиеничных Ю.А.* Современное состояние и перспективы развития промышленного туризма в Ростовской области // Сервис в России и за рубежом. 2022. Т.16, №4. С. 169...181.

9. Департамент экономического развития и торговли Ивановской области [Электронный ресурс]. – URL: <https://derit.ivanovoobl.ru/deyatelnost/osobaya-ekonomicheskaya-zona-promyshlenno-proizvodstvennogo-tipa-ivanovo/?ysclid=ld09feklp7766792282> (дата обращения: 05.12.2022).

10. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2021: стат. сб. / Росстат. М., 2021. 766 с. [Электронный ресурс]. – URL: [Reg_sub21.pdf](https://rosstat.gov.ru/reg_sub21.pdf) (rosstat.gov.ru) (дата обращения: 27.12.2022).

11. Статистический бюллетень Росстата к Всемирному дню туризма – 2022 [Электронный ресурс]. – URL: [turism_2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/turism_2022.pdf) (rosstat.gov.ru)/ (дата обращения: 27.12.2022).

12. Boros L., Martyn Z., Pal V. Industrial tourism – trends and opportunities // Forum geografic. 2013. Vol.12. P. 108...114.

13. Moral-Moral M., Fernandez-Alles M.T. Perceptions of the local resident to industrial tourism as sustainable development model // Revista de estudios regionales. 2019. Vol. 114. P. 45...69.

REFERENCES

1. GOST R ISO 13810-2016. Tourist services. Industrial tourism. Provision of services [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142466?ysclid=ld08i90snd692509379> (date of access: 28.10.2022).

2. Strategy for the spatial development of the Russian Federation for the period up to 2025. Decree of the Government of the Russian Federation of February 13, 2019 No. 207-r [Electronic resource]. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitiye/strategicheskoe_planirovaniye_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2025_goda/?ysclid=I9gmk5sd8s596559337 (date of access: 28.10.2022).

3. Strategy of tourism development in the Russian Federation for the period up to 2035 Decree of the Government of the Russian Federation dated September 20, 2019 No. 2129-r [Electronic resource]. – URL: <https://tourism.gov.ru/documents/strategii/strategiya-razvitiya-turizma-v-rossiyskoy-federatsii-v-period-do-2035-goda/?ysclid=I9gmj4lh2l4534852> (date of access: 28.10.2022).

4. Kaydashova A.K. Transformation of the tourist industry of the Vladimir region in a pandemic // Economic and Entrepreneurship. 2022. No. 1 (138). P. 461...465.

5. Kaydashova A.K., Sizganova E.Yu. Ashin A.A. The state of the light industry of the Vladimir region in the context of economic crises of the 21st century // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya

Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 4 (394). P.12...19.

6. Lovkova E.S., Savelev I.I., Mishchenko V.I., Il-larionov A.E., Seleznev P.S. The development of textile industry in the Vladimir region // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. No 6. P. 23...26.

7. Lukhovskaya O.K., Sharova L.I., Ananiev M.A., Gruzintseva N.A. Conceptual foundations for the development of textile clusters in the conditions of preservation and reproduction of the cultural potential of single-industry regions // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. No. 1. P. 5...9.

8. Pshenichnykh Yu.A. The current state and prospects for the development of industrial tourism in the Rostov region // Service in Russia and abroad. 2022. V.16. No. 4. P. 169...181.

9. Department of economic development and trade of the Ivanovo region [Electronic resource]. – URL: <https://derit.ivanovoobl.ru/deyatelnost/osobaya-ekonomicheskaya-zona-promyshlenno-proizvodstvennogo-tipa-ivanovo/?ysclid=ld09feklp7766792282> (date of access: 05.12.2022).

10. Regions of Russia. The main characteristics of the subjects of the Russian Federation. 2021: Stat. Sat. / Rosstat. M., 2021. 766 p. [Electronic resource]. – URL: [Reg_sub21.pdf](https://rosstat.gov.ru/reg_sub21.pdf) (rosstat.gov.ru) (date of access: 27.12.2022).

11. Rosstat Statistical Bulletin for the World Tourism Day – 2022 [Electronic resource]. – URL: [turism_2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/turism_2022.pdf) (rosstat.gov.ru)/ (date of access: 27.12.2022).

12. Boros L., Martyn Z., Pal V. Industrial tourism – trends and opportunities // Forum geografic. 2013. Vol.12. P. 108...114.

13. Moral-Moral M., Fernandez-Alles M.T. Perceptions of the local resident to industrial tourism as sustainable development model // Revista de estudios regionales. 2019. Vol. 114. P. 45...69.

Рекомендована кафедрой государственного и муниципального управления Владимирского филиала РАНХиГС. Поступила 01.02.23.

ПЕРСПЕКТИВЫ РЫНОЧНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

PROSPECTS FOR MARKET INTEGRATION OF RUSSIAN TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

М.С. ОБОРИН

M.S. OBORIN

(Пермский государственный институт (филиал) РЭУ имени Г.В. Плеханова,
Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермский государственный аграрно-технологический университет им. ак. Д.Н. Прянишникова)

(Perm Institute (Branch) of the Plekhanov Russian University of Economics,
Perm State National Research University,
Perm State Agrarian and Technological University named after ak. D.N. Pryanishnikov)

E-mail: matvey_uk@rambler.ru

Условия развития предприятий текстильной промышленности связаны с особенностями региональных рыночных систем и возможностью интеграции. Ряд структурных проблем, характерных для профильных производителей, обусловлен факторами технологического отставания, недостаточностью финансирования и дефицитом кадрового капитала. В связи с этим необходимо определить и внедрить эффективные подходы и инструменты, которые могут обеспечить достижение интенсификации развития с минимальными ресурсными и временными затратами. Кластерные и сетевые формы интеграции положительно зарекомендовали себя в практике российского бизнеса, поэтому целесообразно предложить направления формирования и функционирования кластеров текстильной промышленности на основе проектно-целевого финансирования.

The conditions for the development of textile industry enterprises are related to the peculiarities of regional market systems and the possibility of integration. A number of structural problems characteristic of specialized manufacturers are caused by factors of technological lag, insufficient financing and a shortage of human capital. In this regard, it is necessary to identify and implement effective approaches and tools that can ensure the achievement of development intensification with minimal resource and time costs. Cluster and network forms of integration have proven themselves positively in the practice of Russian business, therefore it is advisable to propose directions for the formation and functioning of clusters of the textile industry on the basis of project-oriented financing.

Ключевые слова: текстильная промышленность, рыночная интеграция, инструменты развития, кластер, сеть, проектно-целевое финансирование.

Keywords: textile industry, market integration, development tools, cluster, network, project-targeted financing.

Введение

В настоящий исторический период сложились непростые условия функционирования многих отраслей российской экономики. Нарастает геополитическое напряжение, усиливается санкционное давление, что, с одной стороны, способствует замедлению темпов роста финансово-экономических показателей предприятий текстильной промышленности, но с другой, происходит интенсификация внедрения различных инструментов и механизмов, связанных с особенностями региональных рынков. Текстильная промышленность, как сложный производственный комплекс, только начинает использовать различные подходы, которые уже положительно зарекомендовали себя в различных видах экономической деятельности: кластерный, сетевой, проектный.

Необходимо сказать о том, что перечисленные подходы имеют ряд общих целей и направлены на повышение конкурентоспособности участников, консолидацию их ресурсного потенциала и управленческого опыта, привлечение государственной поддержки, выход на новые рынки сбыта и привлечение новых групп потребителей.

Значимость решения названных целей давно назрела для субъектов текстильного производства, что неоднократно подчеркивалось в научных работах отечественных авторов. Р.А. Камаев, Ю.А. Левин, М.А. Сокольников отмечают, что необходимо системно восстанавливать на основе цифровых технологий конкурентоспособность отраслевых предприятий, формировать базу для выхода на новые рынки сбыта при финансовой помощи государства, так как сложившаяся ситуация требует нестандартных решений, технологического прорыва. Авторы в качестве эффективных инструментов реализации называют межотраслевую и межрегиональную интеграцию [5].

По мнению таких авторов, как Е.А. Горбашко, С.А. Леонов, Е.Д. Малевская-Малевич, восстановление отрасли и занятие ведущих позиций в экономике России возможно при условии существенного наращивания производства и устранения ряда

проблем: преодоление технологической отсталости, устранение кадрового дефицита и зависимости от импорта сырья. Основой роста могут стать два условия: производство новых "умных тканей" и стимулирование инвестиций [6].

А.Ж. Якушев, С.А. Филин отмечают значимость технологических цепочек при развитии инновационного текстильного производства. Авторы рассматривают механизмы финансирования профильных предприятий, включая размещения IPO, государственные заказы и пошив одежды массового спроса (школьная форма, солдатская форма и т.п.) [9]. Определено высокое значение обмена и адаптации технологий из других сфер производства, налаживания транспортно-логистического взаимодействия как элемента снижения затрат.

Признавая справедливость различных подходов к решению проблем развития текстильной промышленности, отметим, что более эффективно их применение можно реализовать в условиях интеграции региональных предприятий в более сложные системы, такие, как кластеры или сети. Эффект усилится, если привлечение финансовых ресурсов будет осуществляться на проектно-целевой основе при поддержке государства.

Рассмотрим преимущества различных подходов для предприятий текстильной промышленности.

Кластерный подход пространственно-территориальной организации производства будет способствовать снижению затрат на энергообеспечение, транспорт и логистику, существенно оптимизирует достижение целей различного уровня: развития предприятий – ядра кластера, трансформации локальных рынков труда, улучшения инфраструктуры территорий и т.д.

Сетевой подход для предприятий текстильной промышленности будет способствовать проникновению на новые рынки сбыта, улучшению конкурентных позиций, оптимизации поставок и гибкой тактики в зависимости от ситуации в регионах присутствия.

Проектный подход связан с достижением конкретных целей, связанных с государственными целевыми программами или региональными стратегиями, в которых сделан упор на развитие производственной базы и усиление традиционно развитой специализации, поддержкой производств, имеющих важное социально-экономическое значение для региона, муниципальных образований. Участие в крупных проектах, как правило, осуществляется на межотраслевой основе, преследует стратегические цели, поэтому в результате возникает длительный положительный эффект для систем различного уровня (бизнес, отрасль, регион).

Вопрос использования специальных стратегий для развития предприятий текстильной промышленности является одним из главных для органов государственной власти и специалистов данной отрасли. Стратегия – это целенаправленные действия организации, которые носят обязательный характер и в долгосрочной перспективе приводят компанию к достижению ее основной цели деятельности [8]. Стратегический план развития компании включает в себя конкретные сферы бизнеса, постановку целей и задач (подпрограмм), а также определение направлений стратегии достижения цели. Главные составляющие такой стратегии отображены на рис. 1 (этапы разработки стратегии интеграции для предприятий текстильной промышленности (разработано автором)).



Рис. 1

Стратегии развития способствуют выявлению возможных рисков и их управлению с помощью эффективного использования имеющихся ресурсов компании.

На практике существует несколько основных видов бизнес-стратегий субъектов бизнеса, которые называются базисными. Они включают в себя четыре подхода, которые способствуют экономическому росту компании при различной комбинации их компонентов: итоговый продукт деятельности компании (или услуга), отрасль, рынок, используемая технология, место предприятия в отрасли. Такие компоненты рассматриваются как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе [1].

Обозначенные проблемы каждый субъект отрасли решает по-разному в зависимости от внутреннего ресурсного потенциала. Текстильные предприятия осуществляют постоянный поиск новых производственных возможностей, которые заключаются в снижении себестоимости, росте прибыли, привлечении дополнительных источников финансирования. Значительные возможности в решении этих задач принадлежат различным формам интеграции, которые формируются в субъектах страны. Цели интеграции подразумевают получение комплексного эффекта для участников и могут быть финансовыми, экономическими, рыночными, маркетинговыми, технологическими и т.д. Формирование любой формы интеграции подразумевает разработку стратегии, направленной на согласование и координацию совместных действий участников кластера, входящих в производственное ядро [3].



Рис. 2

На основе регионального российского опыта развития конкретизируем процесс разработки стратегии текстильных предприятий (рис. 2 – * – проектный подход; ** – сетевой подход; *** – кластерный подход).

Формирование будущей стратегии развития предприятия текстильной промышленности невозможно без влияния на этот процесс нескольких факторов. Эти факторы взаимодействуют между собой, изменяясь со временем, при этом сохраняя индивидуальный подход к каждой отрасли и компании. Создание стратегии всегда подразумевает разный подход, так как происходит в разных ситуациях и при отличающихся условиях (рис. 3).

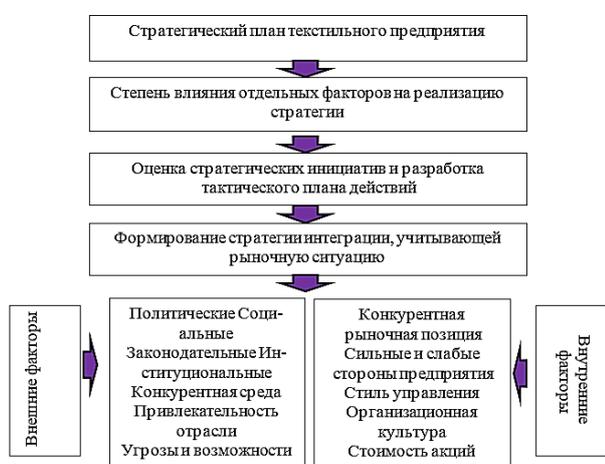


Рис. 3

Необходимо не только определить систему новых стратегических целей интеграции, но и увязать их с тактикой действия на конкретном рынке (рис. 4 – определение тактических целей текстильного предприятия при планировании интеграции (разработано автором), тактические цели выделены в цветные блоки).



Рис. 4

Главные факторы, способствующие формированию стратегии, это: политические, социальные, регулирующие и гражданские нормы, конкурентная среда, привлекательность отрасли для других компаний, слабые и сильные стороны страховой компании, специфика рынка и угрозы, возникающие на нем, конкурентные возможности предприятия, корпоративная культура и ценности компании, личные амбиции руководителя предприятия.

Следует особо обратить внимание на отличия, которые существуют в действующей стратегии, и те организационно-управленческие изменения, которые будут необходимы. В основном практика показывает, что основные изменения связаны с кадровой реорганизацией, изменением отдельных бизнес-процессов, новыми цифровыми регламентами и т.д.

Стратегическое планирование интеграции предприятия текстильной промышленности базируется на взаимосвязи внешних и внутренних экономических процессов, явлений и факторов, таких, как [2], [4], [7]:

- 1) определение перспективных направлений развития компании – это способствует образованию единой системы производственной, финансовой, маркетинговой и проектной деятельности, учитывающей всю структуру потребностей предприятия, процессы планирования, маркетинга итогового продукта (услуги), методы установления рыночных цен и контроля рисков;
- 2) определение конкретных целей, специфических для каждой компании, которые взаимосвязаны с целями стратегического развития, с помощью координации деятельности всех функциональных служб компании;
- 3) формирование альтернативной деятельности компании на долгосрочный период, что может достигаться при грамотном планировании использования ограниченных ресурсов, и так далее.

ВЫВОДЫ

Интеграция предприятий текстильной промышленности обусловлена сочетанием внутренних и внешних факторов, условий,

сложившихся на региональном рынке. Основой для интеграции является сильное производственное предприятие, которое может быть ядром сети или кластера, дополнять и усиливать сложившиеся преимущества, от которых выигрывают все участники, но в разной степени.

Интеграция является сложным процессом и осуществляется в несколько этапов:

- разработка стратегии интеграции и детализация ее целей;
- определение основных факторов влияния на реализацию интеграционной стратегии, рисков и ограничений;
- формирование дорожной карты исполнения стратегии, включая программу тактических действий на рынках присутствия;
- разработка структуры координационного центра и регламентации его деятельности;
- определение индивидуальных организационно-управленческих и кадровых изменений на предприятии текстильной промышленности;
- разработка системы показателей оценки качества исполнения стратегии, включая прогнозы и эффекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабкин А.В., Новиков А.О. Кластер как субъект экономики: сущность, современное состояние, развитие // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. Экономические науки. 2016. № 1 (235). С. 9...29.
2. Батракова Л.Г. Формирование кластерно-сетевой экономики регионов // Социально-политические исследования. 2019. № 4 (5). С. 69...92.
3. Битокова З.Х. Кластерные образования как аспект устойчивого развития региона // Terra economica. 2016. № 2-3. С.162...167.
4. Валитова Л.А., Шарко Е.Р., Шерешева М.Ю. Выделение промышленных кластеров на основе анализа бизнес-связей: пример текстильной отрасли // Управление. 2021. № 4. С. 59...74.
5. Горбашко Е.А., Леонов С.А., Малевская-Малевич Е.Д. Современное состояние и перспективные тенденции текстильной отрасли легкой промышленности России // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 1. С. 23...28.
6. 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. С. 5...12.
7. Кукукина И.Г., Мошкарин М.В. Методологические аспекты оценки влияния лояльности потре-

бителей на рост стоимости текстильной компании // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2014. № 2. С. 62...67.

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

9. Якушев А.Ж., Филлин С.А. Экономическая оценка эффекта реализации инновационных проектов с реальными опционами при увеличении капитала знаний и предметных областей в текстильном производстве // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 6. С. 11...19.

REFERENCES

1. Babkin A.V., Novikov A.O. Cluster as an economic entity: essence, current state, development // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ser. Ekonomicheskie nauki. 2016. No 1(235). Pp. 9...29.
 2. Batrakova L.G. Formation of cluster-network economy of regions // Social'no-politicheskie issledovaniya. 2019. No 4 (5). Pp. 69...92.
 3. Bitokova Z.H. Cluster formations as an aspect of sustainable development of the region // Terra economica. 2016. No 2-3. Pp.162...167.
 4. Valitova L.A., SHarko E.R., SHeresheva M.YU. Identification of industrial clusters based on the analysis of business relationships: an example of the textile industry // Upravlenec. 2021. No 4. Pp. 59...74.
 5. Gorbashko E.A., Leonov S.A., Malevskaya-Malevich E.D. The current state and promising trends of the textile industry of light industry in Russia // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No 1 (379). Pp. 23...28.
 6. Kamaev R.A., Levin YU.A., Sokol'nikov M.A. Formation of technological structures in the textile industry: production and regional aspects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No 1 (379). Pp. 5...12.
 7. Kukukina I.G., Moshkarina M.V. Methodological aspects of assessing the impact of consumer loyalty on the growth of the value of a textile company // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie. 2014. No 2. Pp. 62...67.
 8. Fedorov S.I. Cluster policy and innovative activity of industrial enterprises // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika. 2021. No 4. Pp. 161...185.
 9. YAKushev A.ZH., Filin S.A. Economic assessment of the effect of the implementation of innovative projects with real options with an increase in the capital of knowledge and subject areas in textile production // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. No 6 (390). Pp. 11...19.
- Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга Пермского государственного института (филиала) РЭУ имени Г.В. Плеханова. Поступила 01.02.23 .

**ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL INNOVATIVE TECHNOLOGIES PRIORITY
AND THE MULTIDIMENSIONALITY OF MONITORING FOR ENVIRONMENT
AND SECURITY OF CONSUMER GOODS**

**АНАЛИЗ ПРИОРИТЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МНОГОМЕРНОСТЬ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И БЕЗОПАСНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ТОВАРОВ**

N.O. MAMMADOVA, V.H. MUSAYEVA, U.V. NEYMATOVA

H.O. МАММАДОВА, В.Х. МУСАЕВА, У.В. НЕЙМАТОВА

(Azerbaijan State Economic University UNEC)

(Азербайджанский государственный экономический университет UNEC)

E-mail: efendiyev.nigar@mail.ru

The process of transformation of scientific achievements into production which increases the competitiveness is innovation. The main present time requirement is implementation of environmentally safe innovative techniques that ensure the creation of economically profitable low-waste and waste-free technologies with high environmental safety acts as a modern need on the enterprises.

Процессом трансформации научных достижений в производство, повышающим конкурентоспособность субъектов предпринимательской деятельности, являются инновации. Потребностью нынешнего времени является внедрение на предприятиях экологически безопасных инновационных технологий, обеспечивающих создание экономически выгодных малоотходных и расширение безотходных технологий с высокой экологической безопасностью для окружающей среды и людей.

Keywords: innovative technology, multidimensionality, environmental safety, consumer goods, ecological indicators.

Ключевые слова: инновационная технология, многоаспектность, экологическая безопасность, потребительские товары, экологические индикаторы.

Introduction

With the expansion of global production, there is an increase in environmental pollution, which is a must in order to track environmental safety and prioritize the introduction of environmental innovative technologies. These are projects that aim to protect the environment from the harmful effects of pollution, as well as the ones that we implement in the form of new products and technological processes in order to minimize the release of harmful substances into the environment.

It stands to mention that the main innovative technologies in ecology relate to the deve-

lopment of waste processing methods. As an example of eco-innovation technologies, we can present biodiesel - a fuel on the basis of rapeseed oil that helps to reduce carbon emissions and does not harm the environment; electric vehicles that do not emit exhaust gases; wood fuel briquettes that are able to heat boilers with minimal smoke emission; robot Dustbot that cleans and monitors the level of air pollution and removes garbage; synthetic trees to absorb carbon dioxide, etc.

On the basis of global trends, we can highlight the next priority markets for innovative environmental goods such as economical use

of raw materials; the use of non-waste and low-waste technology; environmental transport; bio plastics and polymers.

It is not secret that recently, the countries that have significant development in the field of industry represent bigger requirements for the environmental safety of goods, which is not effective on a global scale.

The possibility to reduce the level of damage to the environment that appears in the process of production, use, consumption, storage, disposal of consumer goods by humans determine the aspect of environmental safety of consumer goods.

It is appropriate to note that the greatest negative impact on the environment cause such consumer goods and processes of their production, which create emissions into the atmosphere, soil and water by chemicals in various phase-dispersion states, as well as formation of noise, thermal, electromagnetic pollution during storage, transportation, operation, consumption and disposal. However, it is worth to note that commodity producers are not interested in the creation of environmentally friendly consumer goods, since this requires additional costs for their development and introduction into production.

In turn, continuous monitoring of ecological indicators of the environment, parameters and properties that cause environmental safety of consumer goods implement the United Nations Organisation, International Atomic Energy Agency, International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, GREEN PEACE, WWF, as well as state organizations for control and supervision in the fields of ecology and technical regulation. The purpose of monitoring the environmental properties of consumer goods is to

reduce the flow of pollution into the natural environment, preserve, rational consumption and reproduction of resources. To preserve the gene pool of rare and endangered species of flora and fauna [1].

The degree of harmful effects of chemical, physical, and biological properties on the environment characterize environmental indicators. We can systematize them by the nature of the impact, as well as the main indicators of product safety.

For example, significant environmental hazards, the goods that have the most negative environmental properties include packaging materials, disposable tableware, hygiene items, household goods on the basis of plastics (polyethylene, polyethylene terephthalate, polystyrene, polypropylene), which came into use in the 60-70s of the last century.

It is worth to note that packaging materials, non-repair goods, goods with rapid moral age form household garbage.

Methodology

To reduce the amount of waste, we need modern technologies for recycling waste and materials. We assess the determination of the waste disposal method by the chemical composition, humidity, thermal conductivity, solubility of the components in water and density. They vary in a fairly wide range in relation to the fractional composition of the waste. So, the highest content of carbon, nitrogen, hydrogen, oxygen, sulfur in household waste is paper, cardboard and food waste. Discarded personal computers represent 2.5 billion kg of plastics, 0.5 billion kg of lead, 0.25 million kg of mercury per year. Methods of industrial waste disposal are liquid-phase oxidation, heterogeneous catalysis, pyrolysis of industrial waste; fire procession [2].

Table 1

Types of waste	Recycling method	
Metal waste	Sorting (separation of scrap and waste by type); cutting (removal of non-metallic inclusions); mechanical processing (cutting, crushing, bagging, briquetting), remelting, storage, burial	
Wood waste	Pressing, cutting, burning, storage	
Plastic waste	Pressing, incineration, burial	
Highly toxic Waste	Packing in special containers and disposal	
	Organic combustible substances	Crushing, pressing, incineration, burial

Faulty bulbs	Demercurization of lamps, disposal of mercury	
Sand pollute with petroleum products: molding earth	Incineration, burial	
Damaged cylinders with residues of substances	Undermining of cylinders in special chambers, burial	
Radioactive waste	Packing in special containers and disposal in special plants	

A serious environmental problem and an aspect of environmental safety is the disposal of goods from plastics, which practically do not decompose naturally. We show some methods of waste of different types and origins procession in table 1.

In the process of burning, there is a large amount of toxic substances that pollute the environment. The most acceptable methods to prevent the accumulation of plastic waste are recycling and the use of biodegradable polymer materials (materials that the nature destroys to harmless compounds under the influence of natural factors).

We can recycle homogeneous (polyethylene waste) and mixed plastics (thermoplastics). One of the most modern methods to solve the problem of plastic waste and improve the environmental properties of plastic products is the creation of *biodegradable plastics*, which we create by synthesis with the help of microorganisms (biopolyesters, biopolysaccharides) or make on the basis of natural substances (natural polysaccharides, a mixture of polyethylene and starch). In addition, synthetic polyesters that we produce by chemical synthesis methods are biodegradable (table 2).

Table 2

Product type	Environmental requirements in accordance with the standards
1. Substances and materials	
Fuel (coal, gas, diesel) Gasoline, dyes	The sulfur content
Detergents	Lead content
Pesticides Mineral fertilizers	The content of the sodium tripolyphosphate, the rate of decomposition in natural environments
Disinfectants	MPC, environmentally hazardous classes, decomposition rate in natural environments, storage and application rules
Solvents, paints, varnish	Reduce of the production of PCFCS, improvement of the method of use
Ozone-depleting substances, together with per chlorofluorocarbons (PCFCS)	PCFCS in cooling and aerosol devices and in fire extinguishers
2. Transport	
Internal combustion engines in motor transport, aircraft and ships	Concentration of pollutants in exhaust gases, noise level, vibration

The enterprises that implement environmentally hazardous technologies cause hazardous effects as well as enterprises that serve goods, such as dry cleaning and Laundry facilities, car washes, etc.

Due to the global nature of the impact of electromagnetic fields, the world health organization (who) created the term "electromagnetic pollution".

Numerous toxic compounds that come from building materials, furniture coverings and various consumer goods are most often in a gaseous state. However, they also take a dust-like form, and sometimes evolve in the form of an aerosol. In General, we identify about 1,000 chemical and biological agents in the air of the places where people spend most of their lives. Some of them we already know, and a number

of them are yet to know, in particular their presence in the body and the release of compounds or their metabolites. This is an important component in order to assess the impact on the body of toxicants and long-term results.

Another aspect of ecological and hygienic assessment is the study of cumulation processes in different tissues. The damage to the health of the population relates primarily to an increase in the number of diseases of the upper respiratory tract with subsequent damage to the lower respiratory tract. Even relatively low concentrations of a large number of toxic substances are not indifferent to a person and can affect his well-being, performance and health. Studies of indoor air make it possible to identify a number of anthropotoxins in them, the distribution of which in accordance with hazard classes is as follows: dimethylamine, hydrogen sulfide, nitrogen dioxide, ethylene oxide, benzene (2nd hazard class, highly hazardous substances); acetic acid, phenol, methyl styrene, toluene, methanol, vinyl acetate (3rd hazard class, moderately hazardous substances); acetone, methyl ketone, butyl acetate, butane, methyl acetate (4th hazard class).

For most anthropotoxins, we conducted studies with regard to their effects on the human body. So, *hydrogen sulfide* (H₂S) is a colorless gas with a characteristic smell of rotten eggs, is a strong nerve poison that can cause death from respiratory arrest. The threshold for the smell of hydrogen sulfide is 0.000012-0.00003 mg/l. Slight but clearly noticeable odor in 0,0014-0.0023 mg/l; a strong smell, but for the ones used to it not painful - when 0,003 mg/l; a significant smell when 0,004; if 0,007-0,011 mg/l - odor painful even for people used to it. At higher concentrations, the smell is less strong and unpleasant. Prolonged inhalation can lead to bronchitis or inflammation and swelling of the lungs[3].

High concentrations of *benzene* vapors - a colorless gas-affect mainly the Central nervous system (narcotic and partly convulsive effect). Very high concentrations of benzene lead to almost instantaneous loss of consciousness and death within a few minutes. This situation can occur in production when we work with benzene. At lower concentrations-excite-

ment, similar to alcohol, then drowsiness, general weakness, dizziness, nausea, vomiting, headache, loss of consciousness.

Lead (PB) affects protein synthesis, the energy balance of the cell and its genetic apparatus. Children are more sensitive to lead than adults. Lead whitewash, lead sulfate, and lead oxide are more toxic than other lead compounds.

Nickel, chromium in the industries that associate with their use, provoke the occurrence and development of cancer (primarily lung and nose cancer).

Cobalt acts on carbohydrate metabolism, increases blood sugar level in the blood, selectively damages the endocrine part of the pancreas it also affects the cardiovascular system, dilates blood vessels, lowers blood pressure, and selectively affects the heart muscle. We can divide the harmful effects of construction materials, structures and products on human health into four components:

- exposure to toxic substances-compounds (often of a protein nature) of bacterial, plant or animal origin, which can cause disease when they ingest in the human body, and death at high concentrations;

- exposure to carcinogens (radon, asbestos, formaldehyde, benzopyrene, benzene, vinyl chloride, cadmium and its compounds, coal and petroleum resins and lacquers, household soot, etc.) - chemicals whose impact on the human body under certain conditions causes cancer and other tumors;

- exposure to electromagnetic radiation (reinforced concrete structures);

- microbial air pollution (as a result of the appearance of fungi in bathrooms, etc.).

Harmful effects of construction materials, structures and products on human health through the air environment of premises can happen as a result of:

- direct release of harmful substances during operation;

- chemical reactions with other compounds in the indoor air;

- the influence of natural and climatic conditions - increase in air temperature, direct sunlight, etc.;

- destructions.

The greatest danger to human health represent carcinogenic substances, the influence of which is irreversible:

- first group: asbestos, benzene, vinyl chloride, cadmium and its compounds, radon, soot;
- the second group: benzopyrene, acetaldehyde, N-nitrosodimethylamine, polychlorinated biphenyls (PCBs), styrene, pentachlorophenol, dichloroethane, formaldehyde, chloroform, polycyclic aromatic hydrocarbons [4].

Harmful effects on human health produce mainly volatile substances that the material releases. These substances mainly include low-molecular-weight products that come from polymer materials (plastics):

- residual monomers: formaldehyde, phenol, styrene, etc.;
- organic solvents: acetone, benzene, toluene, esters, etc.;
- volatile plasticizers, such as dibutyl and dioctyl phthalate.

There are maximum permissible concentrations (MPC) for them. Heavy metals (chromium, mercury, lead, cadmium, etc.) are also dangerous substances for humans. They can exist in the form of salts and other compounds in paints, cement materials and especially in materials that we produce from industrial waste (this is a paradox of the usage of waste: it is useful from an environmental frame of reference, but can be dangerous for human health). A compound of heavy metals and some others in the form of dusty particles can be in the air of premises and with them enter the lungs of a person or, dissolve in water, affect the skin and mucous membranes [5].

The most harmful chemicals for human health, the main source of which in the air environment of residential buildings are construction and finishing materials that include formaldehyde, phenol, styrene, benzene, acetone, ethyl acetate, butyl acetate, ethylbenzene, xylene, toluene, butanol, lead, chromium, Nickel, cobalt.

Results and discussions

During the environmental monitoring of building materials, structures and products we use in construction or repair, it is advisable to follow the following

requirements, such as:

- construction materials, structures and products should not create a specific smell in the premises at the time of settling the houses;
- the construction materials, structures and products used should not release volatile substances into the environment in such quantities that can have a direct or indirect adverse effect on the human body (in accordance with the current action of all the substances);
- as one of the criteria for monitoring the quality of the environment of premises, there is an MPC of harmful substances of atmospheric air, where their accumulation, as well as the ability to cause long-term consequences, should be excluded;
- construction materials, structures and products should not stimulate the development of microflora (especially pathogenic) and should be available for wet disinfection;
- construction materials, structures and products must not accumulate static electricity on its surface, worsen the microclimate of premises, and the color and texture of construction materials must meet aesthetic and physiological and hygienic requirements.

CONCLUSION

Thus, the analysis of eco-innovative technologies and the complexity of monitoring the environmental safety allows us to conclude that the priority of reducing the level of damage that we cause to the environment in the process of production, consumption, storage, disposal of consumer goods by people perform as the introduction of eco-innovative technologies. In order to improve environmental safety and obtain products with high environmental performance, we encourage enterprises to implement a strategy of environmentally friendly production, and to take as a priority the purpose of construction demand for environmental innovation.

REFERENCES

1. Life safety: a Textbook / Ed. by E.A. Arustamov. M.: Publishing and trading Corporation "Dashkov and Co.", 2003. 496 p.
2. Hwang T.A., Hwang P.A. Safety of life. Rostov n/A: Phoenix, 2000.
3. Grinin A.S., Novikov V.N. Environmental safety. Protection of the territory and population in

emergency situations: a Textbook. M.: fair-PRESS, 2002.

4. Tupikin E.I. General biology with the basics of ecology and environmental protection. Textbook. M.: IRPO-Academy, 1999.

5. Bobkov A.S., Blinov A.A., Rozdin I.A., Khabarova E.I. Labor protection and environmental safety in the chemical industry. M.: Chemistry, 1997.

Рекомендована кафедрой инженерии и прикладных наук Азербайджанского государственного экономического университета. Поступила 20.02.23.

УДК 677.01, 691-4

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_69

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ
НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

**QUALITY ASSURANCE OF TECHNICAL TEXTILE FOR THE MANUFACTURE
OF BUILDING PRODUCTS AT DIFFERENT STAGES OF THE LIFE CYCLE**

Б.Н. ГУСЕВ¹, А.Ю. МАТРОХИН¹, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА¹, М.А. ЛЫСОВА²

B.N. GUSEV¹, A.Yu. MATROKHIN¹, N.A. GRUZINTSEVA¹, M.A. LYSOVA²

*(Ивановский государственный политехнический университет¹,
Ивановский государственный химико-технологический университет²)*

*(Ivanovo State Polytechnical University¹,
Ivanovo State of Chemistry and Technology University²)*

E-mail: mtsm@ivgpu.com, lysova7@yandex.ru

Показано, что рынок технического текстиля для производства строительных изделий в сравнении с другими видами текстильной продукции является наиболее перспективным. Динамично меняется и само понятие "технический текстиль", включающее фибру различного происхождения, стеклонити и ровинги, геотекстильные полотна, геосетки и сита, ткани со специальной пропиткой/отделкой, объемные (супертяжелые) ткани, нетканые материалы различного состава, дублированные материалы, полотна с токопроводящими нитями, композитные текстильные материалы. Ассортимент строительных изделий с применением технического текстиля постоянно расширяется. Сегодня это, прежде всего, газобетонные изделия, трубы для транспортировки жидкостей и газов, скорлупы, текстильно-армированные легкие бетонные конструкции, бетонное полотно, элементы дорожной одежды и другие строительные объекты.

В работе выделены первостепенные задачи, необходимые для обеспечения качества технического текстиля на этапах производства строительных изделий в соответствии с требованиями международных и национальных стандартов. Требования на соответствующих этапах жизненного цикла должны распространяться на процессы планирования и проекти-

рования качества текстильных изделий, мониторинга технологических процессов их производства, а также контроля качества готовой продукции. Рассмотрены назревшие вопросы стандартизации методов измерения показателей качества, а также сертификации готовых строительных материалов и изделий.

It is shown that the market of technical textiles for the production of building products is the most promising in comparison with other types of textile products. The very concept of "technical textiles" is also changing dynamically, including, first of all, fibers of various origins, glass threads and rovings, geotextile fabrics, geogrids and sieves, fabrics with special impregnation/finishing, voluminous (super-heavy) fabrics, non-woven materials of various compositions, duplicated materials, fabrics with conductive threads, composite textile materials.

The range of building products using technical textiles is constantly expanding. Today these are aerated concrete products, pipes for transporting liquids and gases, shells, textile-reinforced structures made of lightweight concrete, concrete sheets, pavement elements and other construction objects.

The paper highlights the priority tasks necessary to ensure the quality of technical textiles at the stages of production of building products in accordance with the requirements of international and national standards. The requirements at the relevant stages of the life cycle should apply to the processes of planning and designing the quality of textile products, control over the technological processes of their production, as well as control the quality of finished products. Topical issues of standardization of methods for measuring quality indicators, as well as certification of finished building materials and products are considered.

Ключевые слова: технический текстиль, строительные изделия, качество на этапах жизненного цикла (планирование, проектирование, контроль), сертификация, обеспечение качества.

Keywords: technical textiles, construction products, quality at the stages of the life cycle (planning, design, control), certification, quality assurance.

Введение

Рынок технического текстиля в сравнении с другими видами текстильной продукции является самым перспективным. При этом сегодня меняется и само понятие "технический текстиль". Это, прежде всего, фибра различного происхождения, стеклонити и ровинги, геотекстильные полотна, геосетки и сита, ткани со специальной пропиткой/отделкой, объемные (супертяжелые) ткани, нетканые материалы различного состава, дублированные материалы, полотна с токопроводящими нитями [1], [2].

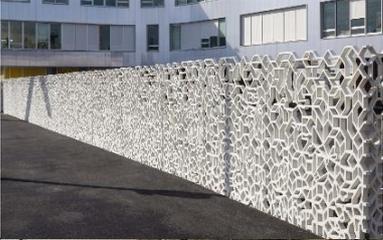
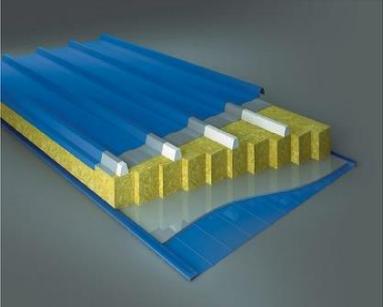
При этом на рынке строительных материалов и изделий особое место занимают

композиционные материалы, армированные различными анизотропными элементами в виде волокон, ровингов, нитей различного строения, текстильных полотен плоской и пространственной формы [3], [4], [5].

Отдельные виды этих строительных материалов и изделий, а также выполняемые ими функции технического текстиля приведены в табл. 1.

Повышенный спрос на подобные материалы и изделия обусловлен увеличением сложности и обеспечением заданной функциональности и надежности архитектурных и строительных проектов при производстве различных зданий и сооружений.

Т а б л и ц а 1

Строительные изделия (объекты)		Применимые текстильные материалы	Технологические функции
Газобетонные изделия		Волокна (искусственные, стеклянные, базальтовые, углеродистые, иные)	Армирование (для повышения прочности на сжатие и изгиб)
Фибробетон			
Трубы для транспортировки жидкостей и газов, текстильно-армированные бетонные конструкции		Ровинги (жгуты из комплексных нитей)	Армирование (для повышения прочности на изгиб)
Бетонное полотно (рулонный бетон) (для укрепления откосов, прокладки рвов, траншей, гидроизоляции бассейнов)		Объемные полотна (тканые, вязаные, прошивные)	Армирование (для придания целостности и гибкости)
Дороги (автомобильные, железные), взлетные полосы аэродромов		Геополотно (нетканое, тканое, трикотажное)	Разделение Армирование Защита Фильтрация
Сэндвич-панели (для возведения и утепления стен и кровли зданий и сооружений), скорлупы		Волокнистые теплоизоляционные материалы, маты	Теплоизоляция Защита Декорирование

Методы и направления исследования

Гарантии выполнения нормативных и индивидуальных требований к качеству производимой продукции на этапах ее жизненного цикла обеспечиваются эффективно функционирующими в организациях-изготовителях системами менеджмента качества, которые создаются на основе национальных стандартов ГОСТ Р ИСО серии 9000. В этих стандартах в соответствии с жизненным циклом продукции выделены основные процессы обеспечения ее качества, в том числе: планирование; проектирование; производство; контроль (текущий и выходной) качества продукции.

На этапе планирования требуемого уровня качества производимой продукции прежде всего необходимо оценить уровень качества аналогичной продукции, выпускаемой на потребительском рынке другими производителями. Это соответствует и требованиям национального стандарта ГОСТ Р 56564-2015 СПКРП "Рекомендации по формированию нормативной базы для оценки качества продукции" при проведении добровольной сертификации в рамках "Системы подтверждения качества российской продукции". В указанную нормативную базу вносятся требования к произведенной продукции по четырем критериям, один из которых представляет требования, необходимые для определения продукции повышенного качества. Данный критерий состоит из наименования продукции, определяющего (ключевого) показателя качества и его численного значения.

Методика для формирования гипотетического (виртуального) образца, обладающего свойствами конкурентоспособного изделия, сравнение с которым и дает основание относить произведенную продукцию к категории повышенного качества, предложена в работе [6].

На этапе проектирования качества выбранного текстильного материала определяющей (ключевой) задачей является установление рациональной номенклатуры показателей качества, нахождение их расчетных значений в сравнении с базовыми, необходимыми для использования в строительных изделиях или объектах.

Наиболее распространенным подходом в проектировании качества промышленной продукции является метод [7], известный как "функция развертывания качества" (Quality Function Deployment – QFD). Основные операции методологии QFD связаны с необходимостью выявления общих требований потребителей к продукции (качественных характеристик), перевода данных требований в количественные характеристики (показатели) продукции, установления нормативных (базовых) значений показателей качества продукции. Данный метод проектирования имеет существенные недостатки, связанные с тем, что первый этап выявления общих требований осуществляется путем взаимодействия с конечными потребителями (посредством опроса), которые не всегда владеют 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 соответствующих объектов должна быть уточнена.

В связи с этим методология проектирования требуемого уровня качества (как совокупности свойств) технического текстиля должна определяться теми функциями, которые выполняются искомыми текстильными материалами в конкретном строительном изделии (см. табл. 1). Исходя из данного подхода, на кафедре материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии Ивановского государственного политехнического университета (далее – МТСМ) разработан и реализован ряд методик по проектированию требуемого уровня качества нетканых и тканых геотекстильных полотен, предназначенных для строительства федеральных автомобильных дорог [8], [9].

Для информатизации процесса проектирования качества технического текстиля с учетом использования его в различных видах строительных материалов и изделий создана компьютерная программа, рабочее окно которой представлено на рис. 1.

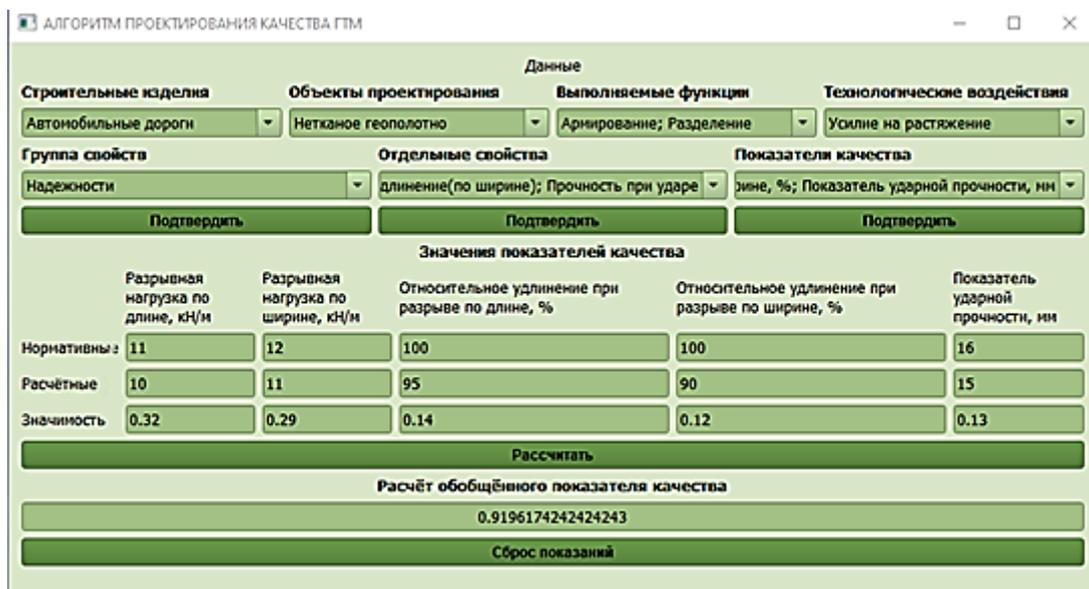


Рис. 1

Дополнительно к базовой программе разработан ряд подпрограмм проектирования качества технического текстиля, а именно:

- 1) установление взаимосвязи между выполняемыми функциями геотекстильных полотен в строительном изделии и технологическими воздействиями на него;
- 2) определение рациональной номенклатуры показателей качества геотекстильных материалов с учетом их эксплуатационной принадлежности;
- 3) нахождение приоритетности между показателями надежности геотекстильных материалов;
- 4) осуществление процесса нормирования показателей качества геотекстильных материалов с применением вероятностного и регрессионного методов.

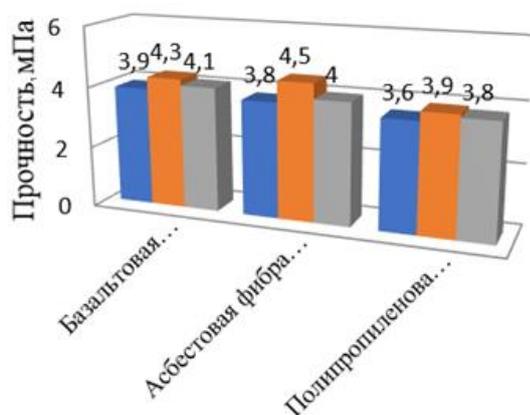


Рис. 2

Что касается выбора по виду (см. табл. 1) и качеству химических волокон, а также их концентрации в газобетонной (фибробетонной) смеси, то в этом случае лучше воспользоваться методами оптимизации, например по критерию максимальной прочности на сжатие, при проведении соответствующих экспериментальных исследований, проводимых в том числе молодыми учеными кафедры МТСМ.

В исследованиях наибольшая прочность газобетонных блоков (рис. 2) была получена при содержании базальтовой фибры 0,1%, полипропиленовой фибры 0,4% и хризотил-асбестового волокна 2% от массы цемента [10].

При мониторинге качества технического текстиля непосредственно в технологических процессах его производства, осуществляемом в рамках операционного контроля, возникают самые разнообразные задачи. В основном они связаны с возможными нарушениями технологических режимов, которые приводят к нежелательным дефектам продукции. По этой причине, в том числе и в рамках методологии бережливого производства, необходимо постоянно пополнять и анализировать базу данных по возможным дефектам продукции, а также разрабатывать и реализовывать методы их устранения.

Одним из вариантов решения поставленной задачи при производстве тканей

геосетки является предложенный способ контроля перерасхода уточных нитей [11], который позволяет повысить ее качество на ткацком станке за счет снижения количества пороков в виде двойника, петли, разрыва утка, забоины, недосеки и других. Рабочее окно оценки качества тканой геосетки по мониторингу перерасхода уточной нити приведено на рис. 3.

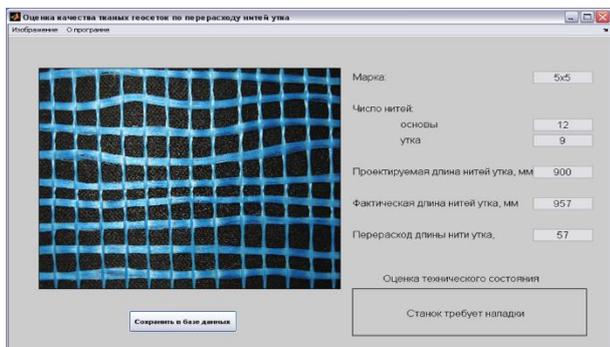


Рис. 3

При контроле качества готовых изделий технического текстиля остается еще нерешенной проблема их комплексной оценки. Например, существующая методика [12] оценки качества геотекстильных материалов, а также волокнистых теплоизоляционных материалов основана на выделении номенклатуры показателей качества (x_i), их измерении (x_i)_{изм} и сравнении с нормативными значениями (x_i)_{нор}. В формализованном виде данная процедура выглядит следующим образом:

$$\pm \Delta x_i = (x_i)_{\text{изм}} - (x_i)_{\text{нор}}$$

При $\Delta x_i \leq (\Delta x_i)_{\text{доп}}$ готовые изделия соответствуют требуемому уровню качества; $\Delta x_i > (\Delta x_i)_{\text{доп}}$ – не соответствуют требуемому уровню качества. На основании соответствия фактических и нормативных значений (в пределах установленного допуска) делается вывод о достигнутом уровне качества готовой продукции. Данный подход имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что отсутствуют рекомендации по общей оценке качества готовой продукции в случае, если по одному или нескольким показателям качества идет снижение фактических значений относи-

тельно их нормативных значений. В отличие от оценки качества текстильных материалов и изделий бытового назначения [13], [14], согласно существующим стандартам (например, ГОСТ 161-86, ГОСТ 187-85, ГОСТ 358-82) для комплексной оценки осуществляется выделение градации качества (сорт) и установление его уровней. При этом особенностью существующей методологии является одновременная оценка качества как по физико-механическим показателям, так и по выявленным дефектам.

Одним из направлений по совершенствованию методики оценки качества геотекстильной продукции является подход [15], основанный на группировке по выделенным признакам показателей качества, установлении приоритетности определенных групп показателей качества с нахождением их обобщенной оценки и принятии промежуточного решения по качеству продукции, что позволяет существенно упростить и сократить время на саму процедуру контроля качества.

Другой проблемой при проведении **выходного контроля** качества технического текстиля является отставание инструментальной базы, применяемой в стандартных методах измерений отдельных показателей качества, от современного уровня ее развития.

В качестве примера воспользуемся анализом действующих национальных стандартов на методы контроля геосинтетических материалов на ударную прочность (ГОСТ Р ИСО 13433-2014) и усилие при динамическом продавливании (ГОСТ Р 56337-2015). Важность названных показателей качества обусловлена тем, что по полученным значениям определяют класс геосинтетических материалов, необходимый для установления его определяющей функции в дорожном полотне (табл. 2).

Однако действующий нормативный документ ГОСТ Р 56337-2015 на метод определения динамического продавливания не решает проблему определения соответствующего усилия, т.к. использует устройство с падающим конусом, которое также предусмотрено для применения в нацио-

нальном стандарте ГОСТ Р ИСО 13433-2014 для определения перфорации (размеров отверстия) при ударной нагрузке, что свя-

зано с отсутствием отечественных измерительных средств на динамическое продавливание.

Т а б л и ц а 2

Класс	Усилие при продавливании, кН	Функция геотекстильного материала в дорожном полотне
1	до 0,5	Разделительный и/или фильтрационный слой
2	1,0...1,5	Разделительный слой мелкозернистого глинистого и песчаного грунтов
3	1,5...3,0	Разделительный слой между мелкозернистым грунтом и грунтом с содержанием обломочных включений до 40%
4	более 3,0	Разделительный и армирующий слои в обломочных грунтах и щебне

Для решения данной проблемы предложено новое техническое средство [16], позволяющее с точки зрения получаемых метрологических характеристик более достоверно проводить испытания на динамическое продавливание геосинтетических полотен (нетканых, тканых, трикотажных), так как в отличие от стандартного метода по ГОСТ Р 56337-2015 измеряется не диаметр пробиваемого в пробе отверстия, а именно усилие в соответствующих единицах измерения при динамическом продавливании испытываемого материала выбранным чувствительным элементом.

В заключение выделим общие назревшие методические проблемы по обеспечению качества как технического текстиля, так и строительных материалов и изделий, где он используется.

В настоящее время строительные материалы (в том числе и с применением технического текстиля), производимые промышленными предприятиями различных форм собственности, с точки зрения стандартизации не имеют системного регулирования. Производство строительных материалов осуществляется, как правило, в соответствии с техническими условиями (ТУ). Содержание таких технических условий в большинстве случаев не публикуется и поэтому неизвестно всем участникам потребительского рынка. В таких условиях строительные изделия, изготавливаемые с применением технического текстиля низкого качества и сомнительного происхождения, могут находиться в обращении на рынке. Усугубляет данную проблему значительный разброс значений

определяющих показателей качества используемого технического текстиля у разных производителей, а также вариативность технологических режимов производства соответствующих строительных материалов и изделий ввиду их новизны и инновационности. Таким образом, строительные материалы и изделия одного и того же названия по номенклатуре у различных изготовителей могут иметь в итоге разный уровень качества.

Выявленную проблему необходимо решать путем введения установленных требований к строительным материалам и изделиям в форме обязательного подтверждения соответствия (обязательной сертификации или декларирования). Но для этого первоначально необходимо разработать и принять на законодательной основе соответствующий технический регламент, который в отличие от наших партнеров (Беларуси, Казахстана) по Евразийскому экономическому союзу еще находится в стадии разработки [17].

Другая проблема связана с адаптацией положений международных и национальных стандартов по менеджменту качества к соответствующим стандартам организаций текстильного и строительного профиля.

В этом направлении заслуживает внимание положительный опыт строительной отрасли, где первые методические указания в виде рекомендаций в области систем качества в строительном-монтажных организациях (МДС 12-1.98) были разработаны в 1998 году Российским центром по международным системам качества. Данные рекомендации содержат положения, отно-

сящиеся к общему руководству и управлению качеством, обеспечению и улучшению качества возводимых строительных объектов, выполнению строительно-монтажных работ и оказанию услуг в строительно-монтажной организации.

В дальнейшем проработку международных и национальных стандартов применительно к отраслевой строительной специфике начало осуществлять национальное объединение строителей (НОСТРОЙ) в категории стандарта организации. Например, в документе СТО НОСТРОЙ 2.35.2-2011 по руководству применения стандарта ГОСТ Р ИСО 9001 устанавливаются требования к системам менеджмента качества в тех случаях, когда организации нуждаются в демонстрации своей способности поставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей и соответствующим обязательным требованиям, а также ставят своей целью повышение удовлетворенности потребителей посредством эффективного применения системы менеджмента качества.

В другом документе СТО НОСТРОЙ 2.35.122-2013 по системам контроля качества устанавливаются требования к системам контроля качества строительной организации в тех случаях, когда организации нуждаются в демонстрации своей способности выполнять работу, отвечающую требованиям к качеству потребителей и обязательным требованиям, устанавливаемым государством, а также нуждаются в подтверждении выполнения требования о наличии контроля качества в организации.

В отличие от строительной, текстильная отрасль пока не располагает соответствующими методическими разработками по адаптации международных и национальных стандартов в области менеджмента качества применительно к специфике производства не только технического, но и бытового текстиля. Инициативу в проведении данной работы мог бы взять на себя "Российский союз предпринимателей текстильной и легкой промышленности (СОЮЗЛЕГПРОМ)", который был основан именно для цели повышения конкурентоспособности отечественной продукции

текстильной и легкой промышленности на мировом рынке. Следует отметить, что в "СОЮЗЛЕГПРОМ" входит и Ассоциация производителей технического текстиля. Научно-методическую работу по разработке соответствующих стандартов отраслевой направленности в области менеджмента качества могли бы взять на себя технические вузы, имеющие практический опыт в студенческой проектной деятельности в области создания и повышения качества изделий текстильной и легкой промышленности.

ВЫВОДЫ

Выявлены и предложены отдельные решения актуальных проблем по обеспечению качества технического текстиля на этапах его жизненного цикла при использовании в различных строительных материалах и изделиях. В частности, при планировании качества продукции, т.е. при установлении нормативных (базовых) значений показателей качества, предложена методика по выявлению конкурентоспособного изделия из аналогичной продукции, производимой российскими предприятиями.

Для оперативного проектирования качества продукции разработана и апробирована базовая компьютерная программа с соответствующим набором локальных подпрограмм для установления взаимосвязи между выполняемыми функциями геотекстильных полотен в строительном изделии и технологическими воздействиями на него, для определения рациональной номенклатуры показателей качества геотекстильных материалов с учетом их эксплуатационной принадлежности и др.

Рассмотрена необходимость дальнейшего развития компьютерных методов мониторинга качества технологических процессов производства технического текстиля.

Предложена новая методика комплексной оценки качества отдельных видов технического текстиля, а также определены направления совершенствования технических средств при оценке отдельных показателей качества.

Выделены для дальнейшего решения вопросы, связанные с совершенствованием процедуры сертификации и развитием менеджмента качества производства строительных изделий с применением технического текстиля.

ЛИТЕРАТУРА

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 Самарского 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 композиционные материалы на волокнистой основе: тенденции развития, характеристики, научные направления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6. С. 14...20.

6. *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.

7. *Брагин Ю.В., Корольков В.Ф.* Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителя. Ярославль: Центр Качества, 2003.

8. *Лысова М.А., Москвитина Т.В., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.* Проектирование качества геотекстильных материалов для дорожного строительства // Приволжский научный журнал. 2015. №3. С.82...88.

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

10. *Цоколенко А.Е.* Повышение качества газобетонных блоков путем их армирования волокнами // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК–2019): сб. мат. всерос. (с международным участием) молодежной науч.-техн. конф. Иваново: ИВГПУ, 2019. Ч. 2. С.16.

11. *Кусенкова А.А., Коробов Н.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.* Оценка качества тканых геосеток в процессе их формирования // Изв. вузов. Тех-

нология текстильной промышленности. 2017. №5. С. 236...239.

12. *СТО 21584143.001-2018.* Полотна нетканые геотекстильных марок "Геоманит" для строительства.

13. *Кириухин С.М., Плеханова С.В.* Особенности оценки качества текстильных материалов // Дизайн и технологии. 2017. № 60. С. 61...69.

14. *Шустов Ю.С.* Современные методы прогнозирования свойств текстильных материалов: моногр. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018.

15. *Грузинцева Н.А., Овчинников А.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н.* Совершенствование номенклатуры показателей и оценки качества геотекстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 3. С. 28...32.

16. *Ветрова Ю.С., Кусенкова А.А., Грузинцева Н.А. и др.* Расширение функциональных возможностей метода испытания на динамическое продавливание геосинтетических текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 2. С. 267...270.

17. Проект технического регламента о безопасности строительных материалов и изделий [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/564165007> (дата обращения: 10.11.2022).

REFERENCES

1. Esirkepova A.M., Abeldanova A.B., Tulemetova A.S. other. Technical textiles: prospects and development of consumer markets // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 1. P. 104...112.

2. Stolyarov O.N., Gorshkov A.S. The use of high-strength textile materials in construction. Engineering and construction magazine. 2009. No. 4. P. 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. other. The use of woven geosynthetic materials in Russia // In the book: Ways to improve the quality of highways. Samara: Publishing House of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2015. P. 19...22.

5. Rumyantsev E.V., Stepanov S.G., Kiselev M.V., Matrokhin A.Yu., Treschaln 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). P. 14...20.

6. 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. P. 287...290.

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. Lysova M.A., Moskvitina T.V., Gruzintseva N.A., Gusev B.N. Designing the quality of geotextile materials for road construction // Privolzhsky scientific journal. 2015. No. 3. P. 82...88.

9. Lysova M.A., Lomakina I.A., Lun'kova S.V., Gusev B.N. Mathematical methods for designing and assessing the quality of textile materials and products: monograph. Ivanovo: IGTA, 2012. 252 p.

10. Tsokolenko A.E. Improving the quality of aerated concrete blocks by reinforcing them with fiber // Young scientists - developments of the National Technology Initiative (POISK-2019): coll. materials of the All-Russian (with international participation) youth scientific and technical conference. Ivanovo: IVGPU, 2019. Part 2. P. 16.

11. Kusenkova A.A., Korobov N.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N. Evaluation of the quality of woven geogrids in the process of their formation // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. No. 5. P. 236...239.

12. STO 21584143.001-2018. Non-woven geotextile fabrics Geomanit for construction.

13. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V. Features of assessing the quality of textile materials // Design and technology. 2017. No. 60. P. 61...69.

14. Shustov Yu.S. Modern methods for predicting the properties of textile materials: monograph. M.: RGU im. A.N. Kosygin, 2018. 234 p.

15. Gruzintseva N.A., Ovchinnikov A.A., Lysova M.A., Gusev B.N. Improving the nomenclature of indicators and assessing the quality of geotextile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2014. No. 3. P. 28...32.

16. Vetrova Yu.S., Kusenkova A.A., Gruzintseva N.A. et al. Expanding the functionality of the method of testing dynamic punching of geosynthetic textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. No. 1. Pp. 267...270.

17. Draft technical regulation on the safety of building materials and products [Electronic resource]. <https://docs.cntd.ru/document/564165007> (date of access: 11.10.2022).

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения, метрологии и стандартизации ИВГПУ. Поступила 13.11.22 .

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_78

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОБЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОСЛЕ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК

EVALUATION OF FABRICS FOR SPECIAL PURPOSE PHYSICAL PROPERTIES FOR PROTECTION AGAINST GENERAL INDUSTRIAL CONTAMINATION AFTER MULTIPLE WASHINGS

A.P. СУККАРИ, А.В. КУРДЕНКОВА, Ю.С. ШУСТОВ, Я.И. БУЛАНОВ

A.R. SUKKARI, A.V. KURDENKOVA, YU.S. SHUSTOV, YA.I. BULANOV

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина)

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: kurdenkova-av@rguk.ru

В работе проведено исследование воздухопроницаемости, водопоглощения, маслопоглощения тканей специального назначения для защиты от общих производственных загрязнений. Ткани подвергались 50 стиркам, что соответствует норме выдачи специальной одежды. После воздействия стирок воздухопроницаемость, поглощение масла и водопоглощение увеличиваются. По результатам исследования установлено, что зависимости

воздухопроницаемости, поглощения масла и водопоглощения тканей от количества стирок определяются полиномиальным законом 2 степени при ограничении числа стирок от 0 до 50.

In the work a study of the air permeability, water absorption, oil absorption of special-purpose fabrics to protect against general industrial pollution was carried out. The fabrics were subjected to 50 washes, which corresponds to the norm for issuing special clothing. After exposure to washes, breathability, oil absorption and water absorption increase. According to the results of the study, it was found that the dependences of air permeability, oil absorption and water absorption of fabrics on the number of washings are determined by a polynomial law of the 2nd degree with a limit on the number of washings from 0 to 50.

Ключевые слова: ткани для спецодежды, воздухопроницаемость, водопоглощение, маслопоглощение, многократные стирки.

Keywords: workwear fabrics, breathability, water absorption, oil absorption, repeated washing.

Введение

Ткани специального назначения для защиты от общих производственных загрязнений применяются для рабочей одежды при выполнении функциональных обязанностей, связанных с возможностью нанесения на специальный костюм и кожу человека таких загрязняющих веществ, как пыль, масло, вода, которые не наносят значительного ущерба жизни и здоровью, но приводят к изменениям внешнего вида работающих [1...5].

Для удаления загрязнений специальная одежда подвергается стиркам, в результате которых происходит изменение размеров и

структуры материала, что оказывает влияние на комфортность работающих при выполнении ими своих профессиональных обязанностей.

Научные исследования

В качестве объектов исследования выбраны 8 тканей, предназначенных для изготовления специальной одежды для защиты от общих производственных загрязнений. Ткани выработаны с различным содержанием хлопка и полиэстера, имеют маслородоотталкивающую пропитку. Характеристика исследуемых образцов приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	Премьер Стандарт	Лидер Комфорт	Самурай	Томбой	Премьер Коттон	Свартекс 440	Свартекс 350	С-44 ЮД
Условное обозначение	Ткань 1	Ткань 2	Ткань 3	Ткань 4	Ткань 5	Ткань 6	Ткань 7	Ткань 8
Поверхностная плотность ткани, г/м ²	253	270	263	263	260	430	360	377
Плотность по основе, нитей / 10 см	380	460	350	360	490	300	360	300
Плотность по утку, нитей / 10 см	220	250	230	200	240	170	200	200
Линейная плотность основных нитей, текс	44	30	48	32	30	91	69	77

Линейная плотность уточных нитей, текс	43	55	44	50	50	92	68	73
Уработка основных нитей, %	9,9	11,5	9,1	9,9	12,17	8,25	10,7	10,7
Уработка уточных нитей, %	8,1	11,4	9,26	13	10,2	9,26	9,3	9,1
Толщина точечной пробы ткани, мм	0.43	0.48	0.44	0.45	0.52	0.75	0.67	0.73
Волокнистый состав	65% ПЭ 35% ХЛ	67% ПЭ 33% ХЛ	60% ХЛ, 40% ПЭ	80% ХЛ, 20% ПЭ	100% ХЛ	100% ХЛ	100% ХЛ	100 % ХЛ

Ткани подвергались 50 стиркам по стандартной методике, что соответствует норме выдачи специальной одежды. После стирок определялись воздухопроницаемость, водопоглощение, маслопоглощение тканей.

Воздухопроницаемость тканей определяется в соответствии с ГОСТ 12088 "Ма-

териалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости" [6].

Результаты определения воздухопроницаемости тканей представлены в табл. 2 и на рис. 1 (зависимость воздухопроницаемости от количества стирок).

Т а б л и ц а 2

Наименование образца	Без стирок	5 стирок	10 стирок	25 стирок	50 стирок
Ткань 1	184	191	205	221	232
Ткань 2	102	106	115	125	140
Ткань 3	132	139	141	159	172
Ткань 4	139	143	159	162	170
Ткань 5	115	120	125	131	137
Ткань 6	41	46	51	56,5	76,5
Ткань 7	76	81	89	95	97
Ткань 8	119	121	128	137	145

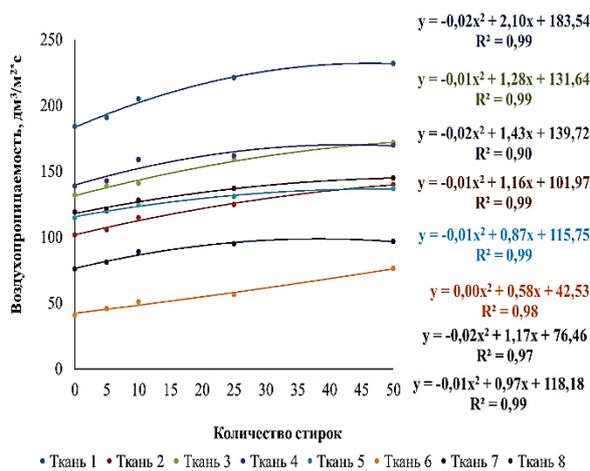


Рис. 1

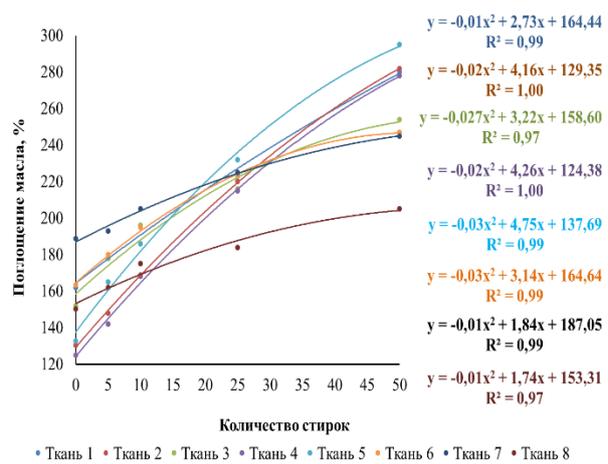


Рис. 2

В процессе стирки происходит вымывание пропитки, поэтому воздухопроницаемость тканей увеличивается.

При стирке вымываются волокна пряжи, что также приводит к увеличению воздухопроницаемости, так как возрастает пористость тканей.

Наименьшую воздухопроницаемость до и после стирок имеет Ткань 6, выработанная с наибольшей поверхностной плотностью. Наибольшей воздухопроницаемостью после 50 стирок обладает Ткань 1, имеющая наименьшее значение поверхностной плотности.

Зависимость воздухопроницаемости тканей от количества стирок определяется полиномиальным законом 2 степени при ограничении числа стирок от 0 до 50.

Поглощение масла определялось по следующей методике. Образец размером 50x50 мм взвешивали, потом помещали в моторное масло на 5 мин, далее отжимали до полного отсутствия капель при сжимающих усилиях. После этого образец взвешивался. По разности масс определялось поглощение масла в процентах [7-9].

Результаты испытаний по определению поглощения масла приведены в табл. 3 и на рис. 2 (зависимость маслопоглощения от количества стирок).

Т а б л и ц а 3

Наименование образца	Без стирок	5 стирок	10 стирок	25 стирок	50 стирок
Ткань 1	162	178	196	224	280
Ткань 2	130	148	169	220	282
Ткань 3	152	178	196	216	254
Ткань 4	125	142	168	215	278
Ткань 5	133	165	186	232	295
Ткань 6	163	180	195	223	247
Ткань 7	189	193	205	225	245
Ткань 8	150	162	175	184	205

В табл. 4 приведены результаты определения водопоглощения по стандартной методике [11], а на рис. 3 представлена за-

висимость водопоглощения от количества стирок.

Т а б л и ц а 4

Наименование образца	Без стирок	5 стирок	10 стирок	25 стирок	50 стирок
Ткань 1	1,39	7,14	18,92	43,84	58,23
Ткань 2	5,41	26,67	42,25	72,32	90,25
Ткань 3	1,28	13,51	24,31	52,56	64,35
Ткань 4	1,35	15,73	16,25	43,75	58,42
Ткань 5	2,56	18,92	28,00	64,63	81,58
Ткань 6	14,50	21,54	35,12	58,34	70,25
Ткань 7	15,05	25,36	37,68	55,71	75,60
Ткань 8	4,46	11,25	35,26	75,70	109,62

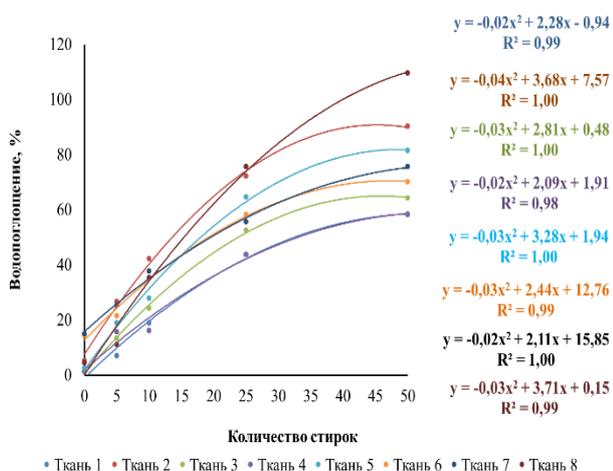


Рис. 3

После многократных стирок происходит увеличение поглощения масла и водопоглощения, что связано с вымыванием пропитки.

Зависимость поглощения масла и водопоглощения от количества стирок определяется полиномиальным законом 2 степени при ограничении числа стирок от 0 до 50.

ВЫВОДЫ

По результатам исследования можно сделать вывод, что Ткань 4 может быть рекомендована для изготовления спец-

одежды, так как имеет оптимальный состав смеси 80% ХЛ и 20% ПЭ, что является наилучшим по защитным свойствам и комфортности при использовании. По совокупности свойств после 50 стирок у данной ткани наименее изменяются показатели качества, что свидетельствует о сохраняемости комфортности в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ismail N., Ghaddar N., Ghali K.* Effect of inter-segmental air exchanges on local and overall clothing ventilation // *Textile Research Journal*. 2016; 86(4): 423-439.
2. *Dlamini S., Kao C-Y, Su S-L, Jeffrey Kuo C-F.* Development of a real-time machine vision system for functional textile fabric defect detection using a deep YOLOv4 model // *Textile Research Journal*. 2022; 92(5-6): 675-690.
3. *Liang S., Pan N., Cui Y, Wu X, Ding X.* Steam impinging and heat and water spreading in fabrics // *Textile Research Journal*. 2019; 89(8): 1455-1471.
4. *Cui Y, Liu X, Fan J, Shou D.* Soft robotic fabric design, fabrication, and thermoregulation evaluation // *Textile Research Journal*. 2021; 91(15-16): 1763-1785.
5. *Liu H, Gong H, Xu P, Ding X, Wu X.* The mechanism of wrinkling of cotton fabric in a front-loading washer: The effect of mechanical action // *Textile Research Journal*. 2019; 89(18): 3802-3810.
6. ГОСТ 12088-77. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости.
7. *Асланян А.А., Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Федулова Т.Н.* Оценка воздействия жидких строительных отделочных материалов на ткани для пошива рабочей одежды // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2017. № 2. С. 98...100.
8. *Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Асланян А.А., Федулова Т.Н.* Исследование гигроскопических свойств тканей, предназначенных для пошива защитных костюмов строительных специальностей // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2014. № 6. С. 34...37.
9. *Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Федулова Т.Н., Асланян А.А.* Прогнозирование проницаемости различных видов краски тканей для строительной спецодежды // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2016. № 3. С. 71...74.
10. *Курденкова А.В., Буланов Я.И., Шустов Ю.С.* Оценка качества тканей ведомственного назначения // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2019. № 6. С. 94...98.

11. ГОСТ 3816-81. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств.

REFERENCES

1. *Ismail N., Ghaddar N., Ghali K.* Effect of inter-segmental air exchanges on local and overall clothing ventilation // *Textile Research Journal*. 2016; 86(4): 423-439.
2. *Dlamini S., Kao C-Y, Su S-L, Jeffrey Kuo C-F.* Development of a real-time machine vision system for functional textile fabric defect detection using a deep YOLOv4 model // *Textile Research Journal*. 2022; 92(5-6): 675-690.
3. *Liang S., Pan N., Cui Y, Wu X, Ding X.* Steam impinging and heat and water spreading in fabrics // *Textile Research Journal*. 2019; 89(8): 1455-1471.
4. *Cui Y, Liu X, Fan J, Shou D.* Soft robotic fabric design, fabrication, and thermoregulation evaluation // *Textile Research Journal*. 2021; 91(15-16): 1763-1785.
5. *Liu H, Gong H, Xu P, Ding X, Wu X.* The mechanism of wrinkling of cotton fabric in a front-loading washer: The effect of mechanical action // *Textile Research Journal*. 2019; 89(18): 3802-3810.
6. GOST 12088-77. Textile materials and products from them. Method for determining air permeability.
7. *Aslanyan A.A., Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Fedulova T.N.* Evaluation of the impact of liquid building finishing materials on fabrics for sewing work clothes // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2017. No. 2 (368). Pp. 98...100.
8. *Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Aslanyan A.A., Fedulova T.N.* Study of the hygroscopic properties of fabrics intended for sewing protective suits for construction specialties // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2014. No. 6 (354). Pp. 34...37.
9. *Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Fedulova T.N., Aslanyan A.A.* Forecasting the permeability of various types of paint fabrics for construction clothing // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2016. No. 3 (363). Pp. 71...74.
10. *Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I., Shustov Yu.S.* Evaluation of the quality of fabrics for departmental purposes // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. No. 6 (384). Pp. 94...98.
11. GOST 3816-81. Textile fabrics. Methods for determining hygroscopic and water-repellent properties.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 23.01.22.

ПРОЧНАЯ СУПЕРГИДРОФОБНАЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНАЯ ТКАНЬ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ МАСЛЯНО-ВОДЯНЫХ СМЕСЕЙ

SUPERHYDROPHOBIC COTTON FABRIC FOR FILTRATION OF OIL-WATER MIXTURES

Х. ПАРПИЕВ, А.Б. ГАФУРОВ, П.Д. ЛАСТОЧКИН, Н.Х. ПАРПИЕВА

H. PARPIEV, A.B. GAFUROV, P.D. LASTOCHKIN, N.X. PARPIEVA

(Наманганский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан)

(Namangan Institute of Engineering and Technology, Republic of Uzbekistan)

E-mail: adhamjongafurov1991@gmail.com

В статье описана одна из актуальных на сегодняшний день экологических проблем. Исследованы существующие методы и пути решения данной проблемы. Также предложено свое решение этой проблемы при помощи супергидрофобной/суперолеофильной хлопчатобумажной фильтрующей ткани. Подробно описана методика производства предлагаемой нами ткани. Изложена методика проведенных экспериментов. Дан анализ химических и физико-механических свойств ткани. Выполнена рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS) ткани. Определена и проанализирована эффективность отделения масляных жидкостей и масляных эмульсий от воды. Представлены исследования стойкости ткани и сохранения ее супергидрофобных и суперолеофильных свойств в сильных агрессивных растворах, таких, как: 1 мл HCl, 1 мл NaOH и 1 мл раствора NaCl. Описаны результаты испытания ткани по определению устойчивости к стирке и истиранию. Предложена сфера применения данной ткани, где она может продемонстрировать свою высокую эффективность.

The article describes one of the environmental problems that are relevant today. Existing methods and ways of solving this problem was studied. Also, a solution to this problem was proposed with the help of filtering superhydrophobic/superoleophilic cotton fabric. The method of production of the fabric we offer was described in detail. The methodology of our experiments was described. The analysis of chemical and physical-mechanical properties of the fabric was carried out. X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) of the fabric was performed. The efficiency of separating oily liquids and oily emulsions from water has been analyzed and determined. The article presents studies of fabric resistance and preservation of its superhydrophobic and superoleophilic properties in strong aggressive solutions such as: 1ml HCl, 1ml NaOH and 1ml NaCl solution. The results of fabric testing to determine the resistance to washing and abrasion were described. The sphere of application of this fabric, where it can demonstrate its high efficiency, is proposed.

Ключевые слова: волокно, хлопчатобумажная ткань, супергидрофобность, суперолеофильность, политетрафторэтилен, краевой угол смачивания, угол скольжения, ультразвук, толуол, нефть, трихлорметан, разделение.

Keywords: fiber, cotton fabric, superhydrophobic, superoleophilic, polytetrafluoroethylene, contact angle, sliding angle, ultrasound, toluene, oil, trichloromethane, separation.

Введение

Разливы нефти и нефтесодержащих стоков приводят к серьезному загрязнению окружающей среды, а точнее воды, и представляют угрозу для человека и животного мира [1], [2]. Из-за этого очистка воды от нефтяных продуктов является серьезной проблемой и привлекает внимание человечества [3], [4]. Традиционные подходы к решению этой проблемы включают в себя физическую адсорбцию, химическую деструкцию, мембранное разделение, гравитационное разделение, методы биологического разложения и др. [5], [6]. Данные методы практичны и имеют различные недостатки, такие, как высокая стоимость, неудобство использования для окружающей среды, вторичное загрязнение, низкая эффективность отделения и низкая селективность, а также невозможность повторного использования [7, 8]. Исходя из этого на сегодняшний день существует серьезная потребность в новых материалах для очищения воды от продуктов нефтяной промышленности, которые не вызывают низких экологических издержек, показывают высокую эффективность разделения и идеально подходят для повторного использования.

На сегодняшний день все больше стало появляться супергидрофобных поверхностей и суперолеофильных продуктов [9...11], имеющих высокую селективность, разделяющую способность и хорошую перерабатываемость [12...16]. Также разрабатываются и различные супергидрофобные и суперолеофильные текстильные материалы для отделения масляных жидкостей от воды из двумерных металлических сеток [17...21], трехмерных губок [22...26] и хлопковых волокон [27]. В последнее время была разработана сетка с супергидрофобным и суперолеофильным покрытием для разделения дизельного топлива и воды [17], а также разработаны супергидрофобные и суперолеофильные губки для удаления и сбора масел и орга-

нических растворителей с поверхности воды [22].

Вопросом очищения воды от масляных жидкостей занимается ряд зарубежных ученых исследователей. Например, J.T. Wang и Y. Zheng в своих работах описали супергидрофобную (суперолеофильную) полиуретановую губку, выработанную методом одноступенчатой иммерсии, которая продемонстрировала превосходную сорбционную способность к отделению нефти и различных типов масляных смесей и эмульсий от воды [25]. В исследованиях J. Li, C.C. Xu, Y. Zhang, R.F. Wang, F. Zha и H.D. She описана полиуретановая губка, покрытая супергидрофобным аттапульгитом, с высокой эффективностью и отличной устойчивостью к окружающей среде для разделения смесей масло/вода и масляных эмульсий в воде [26]. В работе J.T. Wang, F.L. Han, B. Liang и G.H. Geng показано, что супергидрофобные и суперолеофильные хлопковые волокна обладают отличной селективностью и высокой эффективностью отделения масла от различных типов смесей масло/вода и масляных эмульсий в воде [27].

Однако процесс получения вышеупомянутых супергидрофобных (суперолеофильных) поверхностей и продуктов является относительно сложным, а долговечность или же эффективность отделения воды от масляной эмульсии или масла редко исследуется. В данной работе мы представляем простой метод подготовки прочной супергидрофобной (суперолеофильной) поверхности путем распыления водной дисперсии политетрафторэтилена на хлопчатобумажную ткань, которая является недорогой, гибкой, экологически чистой и обладает специфической супергидрофильностью. Полученная супергидрофобная (суперолеофильная) хлопчатобумажная фильтрующая ткань, кодируемая как ССХФТ, может быть использована для разделения несмешивающихся смесей масло/вода и эмульсий воды в масле.

Методы исследования

При производстве супергидрофобной (суперолеофильной) хлопчатобумажной фильтрующей ткани (ССФХТ) нами использована следующая методика. Хлопчатобумажная ткань предварительно была очищена ультразвуковым раствором ацетона, этанола и деионизированной воды для удаления поверхностных загрязнений. Далее для придания супергидрофобных (суперолеофильных) свойств на ткань в три этапа распылялась разбавленная дисперсия политетрафторэтилена (ПТФЭ). Конденсированная дисперсия ПТФЭ изготавливалась путем разбавления политетрафторэтилена в деионизированной воде в объемном соотношении 1:10. Распыление производили распылителем с диаметром сопла 1 мм. Давление и скорость потока распыления устанавливали в пределах 0,3 МПа и 2 мл/с соответственно. Расстояние между носиком распылителя и хлопчатобумажной тканью поддерживали на уровне около 20 см. После каждого этапа распыления хлопчатобумажная ткань высушивалась в сушильном шкафу при температуре 150°C в течение 2 часов.

Полученная ткань ССФХТ была испытана и изучены ее фильтрующие характеристики с использованием нижеследующих методов и лабораторных приборов. Методом добавления капли воды или масла (5 мкл) на ткань ССФХТ в более пяти различных положениях для достижения среднего значения определялся краевой угол смачивания (КУС) водой и маслом, а также угол скольжения (УС) при помощи оптического измерителя угла смачивания (DSA 20, Kruss, Германия). Морфологию поверхности наблюдали на электронном микроскопе, сканирующем эмиссию поверхности (FESEM, FEI-Nova NanoSEM-450, США). Химический состав исследовали с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS, Physical Electronics, PHI-5702, США). Оптические микрофотографии эмульсии масло/вода регистрировали под микроскопом до и после разделения (Olympus-CX31, Япония).

Эффективность маслоотделения ткани ССФХТ определялась путем пригото-

вления смеси масло/вода (50 мл воды и 50 мл масла) и нанесения ее на ткань с последующим удалением. Далее эффективность рассчитывалась по следующему уравнению (1):

$$\eta = \frac{V_1}{V} \cdot 100, (\%), \quad (1)$$

где V и V_1 – объем исходного масла (50 мл) и соответственно собранного масла.

Результаты

После распыления конденсированной дисперсии политетрафторэтилена (ПТФЭ) на поверхность очищенной хлопчатобумажной ткани ткань плотно и равномерно покрылась наночастицами, микроразмер которых составил около 200 нм (рис. 1, а). Наночастицы из-за специфической микроструктуры и их химического состава придали поверхности ткани значительную шероховатость (рис. 1, б).

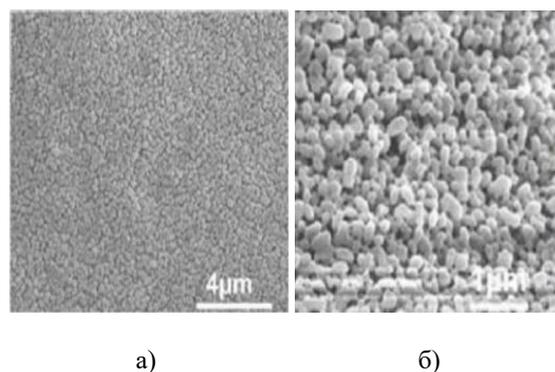


Рис. 1

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS) для определения химического состава хлопчатобумажной ткани до и после нанесения на нее ПТФЭ показала, что для ткани из чистого хлопкового волокна (рис. 2, а) было только два сильных пика сигнала, полученных от XPS, – углерода и кислорода. Спектр C 1s (рис. 2, б) показывает три пика, расположенных при 284,7 эВ, 286,3 эВ и 288,8 эВ соответственно, принадлежащих CeH/CeC, CeOH и OeCeO. Спектр O 1s (рис. 2, в) показал основной пик при 532,4 эВ, соответствующий CeO [28, 29]. Другими словами, хлопчатобумажная ткань была специфической супергидрофильной из-за большого

количества гидроксильных групп в хлопковой массе и грубой микроструктуры. УКВ и УКМ ткани из чистого хлопкового волокна составляли 0° , что показало превосходную супергидрофильность и суперолеофильность. Здесь также можно заметить, что сигналы, полученные от кислорода, были потеряны и появились сигналы, полученные от фтора, расположенные на F 1s (рис. 2, d) при 689,2 эВ. Кроме того, C 1s переключился на 292,0 эВ, что является типичной энергией связи для связей C-F. Все эти сигналы указывали на то, что ткань из хлопкового волокна полностью покрыта наночастицами ПТФЭ.

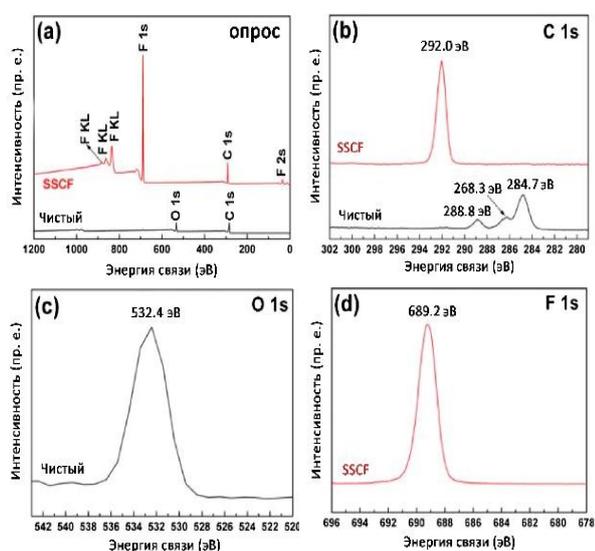


Рис. 2

После сушки в течение 2 часов при 150°C покрытие из ПТФЭ обладает хорошей адгезией к поверхности хлопчатобумажной ткани. Для обеспечения хорошей адгезии ПТФЭ к ткани предприняты две основные меры. Во-первых, ПТФЭ использовался не в виде сухих наночастиц, а в виде концентрированной дисперсии, содержащей наночастицы ПТФЭ, воду и диспергаторы, которая просто наносилась на ткань методом распыления. Во-вторых, что наиболее важно, образец нагревали, чтобы улучшить сцепление между ПТФЭ и тканью во время напыления. При высоких температурах (например, 150°C) наночастицы ПТФЭ плотно прилипают к ткани. Высокотемпературная обработка усилила движение мо-

лекулярной цепи ПТФЭ и помогла связать ПТФЭ с поверхностью хлопка.

Исследование углов контакта ткани с водой и углов скольжения показало, что чистая хлопчатобумажная ткань легко смачивается водой и маслом (рис. 3, а), а покрытие из ПТФЭ уменьшило поверхностную энергию ткани и одновременно создало нано- и микроразмерные иерархические шероховатые структуры, которые улавливали больше воздуха под каплями воды. Таким образом, капля воды в основном находится в контакте с улавливающим воздухом, а смачивающее свойство хлопчатобумажной ткани активируется, и проявляется супергидрофобное свойство с высоким КУС $160,2 \pm 1,4^\circ$ и низким УС $2,8 \pm 0,3^\circ$. Однако супергидрофобная ткань из хлопчатобумажного волокна еще сохраняет суперолеофильность, и капающий на нее толуол быстро растекается примерно при 0°C (рис. 3, б).



Рис. 3

Анализируя способность отделения масляных жидкостей от воды, авторы провели исследования по отделению толуола и трихлорметана от воды. В ходе исследований хлопчатобумажная ткань ССХФТ показала превосходную селективную сорбцию масляных жидкостей из воды. Для определения у хлопчатобумажной ткани ССХФТ способности отделения толуола от воды авторы использовали емкость с водой, в которую было добавлено некоторое количество окрашенного толуола (рис. 4, а). После контакта ССХФТ с каплями окрашенного несмешивающегося толуола, плавающего на поверхности воды, толуол быстро поглощался и тянулся вверх (рис. 4, б). Ткань ССХФТ, погруженная в емкость, благодаря своему легкому весу и водонепроницаемости находилась на поверхности воды и не тонула

(рис. 4, с). Спустя некоторое время толуол полностью абсорбировался с поверхности воды, а после удаления ткани ССХФТ четких остатков толуола на поверхности воды не наблюдалось (рис. 4, d).

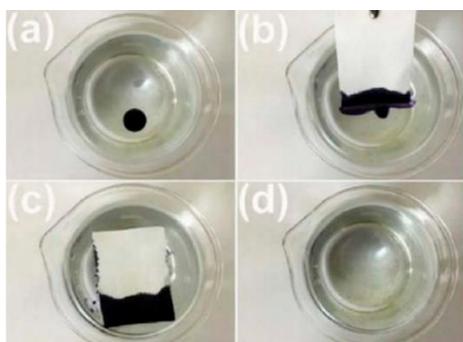


Рис. 4

Эффективность разделения толуола составила около 98,5% даже после 50 циклов повторного разделения. Кроме того, использованная ткань ССХФТ восстанавливала свои первоначальные свойства после промывки ацетоном, а КУС ткани был все еще больше 150° и УС меньше 10° . Данный эксперимент показал, что ткань ССХФТ не поглощает воду.

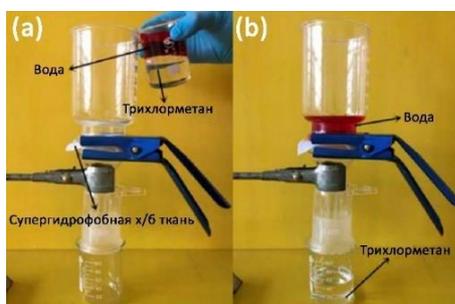


Рис. 5

При анализе способности отделения смешанного с водой масла (трихлорметана) при помощи хлопчатобумажной ткани ССХФТ использовано малогабаритное устройство для разделения (рис. 5). Смесь масло/вода, содержащая 50 мл трихлорметана и 50 мл воды, была налита в стеклянную банку, находящуюся вверху устройства (рис. 5- а), масло быстро прошло через ткань ССХФТ и через 3 минуты из-за суперолеофильного свойства ткани стекло на дно стакана, расположенного внизу

устройства. После отделения был измерен отделенный объем масла, который составил 48,5 мл. Сопоставив объем масла до и после отделения, мы получили значения эффективности отделения масла тканью ССХФТ до 97,0 %.

Кроме того, нами определена эффективность отделения масляных жидкостей, таких, как толуол, трихлорметан, бензин, керосин и пищевое масло, от воды при помощи ткани ССХФТ. Эффективность отделения этих масел от воды составила более 95,0 % в первом цикле.

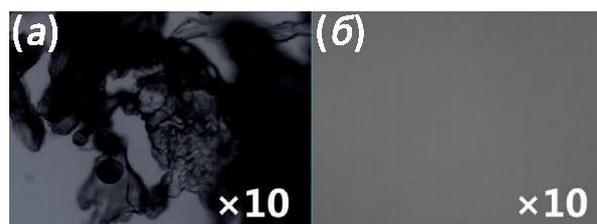


Рис. 6

Описанные выше эксперименты продемонстрировали нам, что ткань ССХФТ имеет не только высокую эффективность разделения нефти и воды, но и возможность повторного использования, а также применения для разделения эмульсированного масла. Для подтверждения этого нами было подготовлено эмульсированное масло путем смешивания воды и толуола в объемном соотношении 1:25 и стабилизировано Span 80. Водная эмульсия в масле перемешивалась с высокой скоростью при 2000 об/мин в течение 1 ч и приобрела молочно-белый цвет. При заливке в маслоотделитель 50 мл эмульсии она сразу же проходила через ткань ССХФТ. Однако вода и эмульгатор были возвращены и оставлены в стеклянном контейнере выше. Оптические микрофотографии реального эмульсированного масла показывают большую область черного цвета, потому что свет не мог проникнуть в раствор (рис. 6, а). Однако оптические микрофотографии собранной нефти не черные и очень прозрачные (рис. 6-б). Количество воды в собранной нефти измеряли с помощью измерителя влажности нефти (GY106, Ухань Гои, Китай). После разделения эмульсии

масло/вода количество воды в собранном толуоле (20 мл) составило 0,16 мкг/мл. Это показало, что эмульсированное масло было отделено и после отделения в масле осталось лишь очень небольшое количество воды.

Исследуя стойкость ткани ССХФТ к различным условиям, а также ее химическую устойчивость, авторы провели несколько исследований, описанных ниже.

Так как в процессе разделения смеси нефть/вода образец ткани ССХФТ находился в прямом контакте с нефтью и во-

дой, химическую стойкость супергидрофобности поверхности ткани ССХФТ проверяли путем погружения образца в различные водные растворы (кипяток, ледяная вода, водный раствор HCl, водный раствор NaOH, водный раствор NaCl) и масло (толуол и парафин) и измеряли иммерсионную влажность поверхности ткани. После длительного пребывания образца ткани в различных жидкостях определяли краевой угол смачивания (КУС) водой и угол скольжения (УС) (табл. 1).

Таблица 1

Условия и время прибывания	КУС (С°)	УС (С°)
В толуоле (7 дней)	160,1±1,3°	3,0±0,5°
В керосине (7 дней)	160,6±1,6°	2,5±0,4°
В кипящей воде (24 часа)	158,2±2,1°	5,1±0,5°
В ледяной воде (24 часа)	159,5±1,5°	3,5±0,3°
В 1 % растворе HCl (72 часа)	159,3±1,4°	4,0±0,2°
В 1 % растворе NaOH (72 часа)	157,7±1,5°	4,6±0,4°
В 1 % растворе NaCl (72 часа)	158,5±1,5°	4,5±0,5°

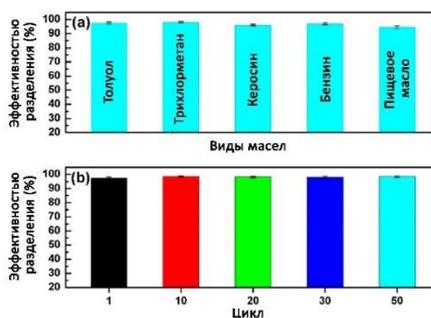


Рис. 7

Ткань в толуоле и керосине испытывали на химическую стойкость в течение 7 дней. Результаты тестирования изменения КУС и УС для образцов ткани ССХФТ не были очевидны. Далее образец ткани погружали в кипящую воду ($98 \pm 1,5^\circ \text{C}$) на 24 часа, КУС несколько уменьшился до $158,2^\circ \pm 2,1^\circ$, а УС уменьшился только до $5,1^\circ \pm 0,5^\circ$, тем самым продемонстрировав стабильную супергидрофобность, что подтверждает использование ССХФТ для разделения смесей кипящей воды и масла, эффективность разделения при этом составит до 97,0 % (рис. 7). При погружении образца ССХФТ в ледяную воду ($-0,5 \pm 0,8^\circ \text{C}$) на 24 часа супергидрофобность

ткани все еще сохранялась и эффективность разделения составляла приблизительно 96,0% для смеси ледяной воды и масла. Это говорит о том, что ткань ССХФТ обладает отличной стабильностью как в кипящей воде, так и в ледяной и может использоваться в течение длительного времени для разделения смесей кипящая вода (ледяная вода)/масло.

Кроме того, испытана супергидрофобность и химическая стойкость образцов ткани ССХФТ в сильноагрессивных растворах, таких, как 1 мл HCl, 1 мл NaOH и 1 мл раствора NaCl. Как показано в табл. 1, КУС после пребывания ткани в данных растворах уменьшился, а УС немного увеличился. Однако супергидрофобность для всех образцов ткани ССХФТ сохранялась даже после погружения в 1 мл раствора HCl, 1 мл NaOH и 1 мл NaCl в течение 72 часов. Помимо этого несмешивающаяся смесь HCl (1мл) / трихлорметан, NaOH (1мл) / трихлорметан и NaCl (1мл) / трихлорметан была успешно разделена с помощью ткани ССФХТ с высокой эффективностью разделения – более 96,3 %. Результаты вышеизложенных испытаний показали, что ткань ССФХТ обладает превос-

ходными стабильными супергидрофобными свойствами в сильных агрессивных растворах и может различать агрессивные смеси, растворы и масло.

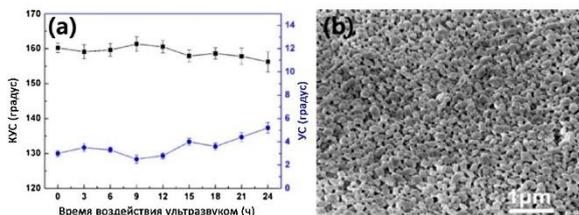


Рис. 8

Механическая стойкость ткани ССХФТ оценивалась при помощи ультразвукового воздействия мощностью 900 Вт и с частотой 40 кГц в этаноле. Во время воздействия ультразвука на образец с периодичностью в 3 часа определялись КУС и УС (рис. 8, а). Спустя 15-часового воздействия ультразвуком морфологию поверхности образца ткани ССХФТ можно было четко наблюдать на изображении FESEM (рис. 8, б). Сравнив данное изображение с изображением исходного образца ткани ССХФТ, представленным на рис. 1, б, можно заметить, что изменений в микроструктуре поверхности не произошло. После 24-часовой ультразвуковой очистки ткань ССХФТ не потеряла своей супергидрофобности и КУС был по-прежнему равен $156,2 \pm 2,9^\circ$, а УС $5,2 \pm 0,4^\circ$. Исходя из этого приходим к выводу, что ткань ССХФТ устойчива к стирке и не теряет своей супергидрофобности и суперолеофильности.

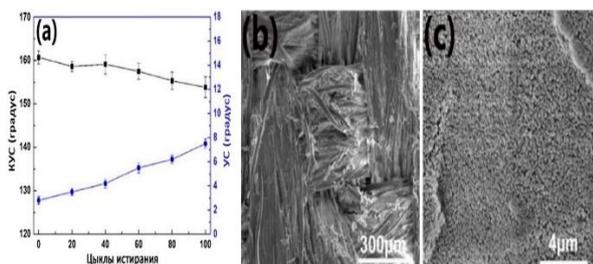


Рис. 9

Испытания на устойчивость к истиранию ткани ССХФТ проводились в соответствии с методом испытаний ААТСС 165-2007 на

лабораторном приборе BF-FS9 (Китай) при скорости трения $104 \pm 1,5$ мм/с и вертикальном давлении при трении 9 Н. Образцы ткани подвергались воздействию в течение 100 циклов. Через каждые 20 циклов у образцов определяли КУС и УС. Результаты испытаний представлены в виде графика (рис. 9, а). Как показано на рисунке, с увеличением периода трения КУС немного уменьшался, а УС постепенно увеличивался. После 100 циклов КУС все еще был 150° , а УС был ниже 10° . Таким образом, натертый образец ткани ССХФТ по-прежнему проявляет супергидрофобность.

Сопротивление ткани ССХФТ к трению зависит от двух аспектов. Во-первых, распыленная на ткань конденсированная дисперсия ПТФЭ показала хорошую адгезию к ткани. Во-вторых, дисперсия ПТФЭ является классическим самосмазывающимся материалом, показавшим низкий коэффициент сопротивления к трению. Более того, при 100-кратном трении образец ткани ССХФТ все еще мог успешно разделять нефть и воду.

Эмиссия поверхности образца ткани ССХФТ после воздействия трения в течение 100 циклов показала, что на поверхности ткани появились царапины (рис. 9, б), но микроструктура и микроморфология поверхности не изменились (рис. 9, с). Кроме того, поврежденный образец ткани ССХФТ можно было легко восстановить путем повторного распыления раствора ПТФЭ. Восстановленный образец показал превосходную супергидрофобность и стойкость к истиранию. Данные результаты анализов показали, что образцы ткани ССХФТ устойчивы к трению и способны к самовосстановлению.

Обсуждение

Проанализировав существующие фильтрующие материалы и исследования мировых ученых в области производства новых фильтрующих материалов, отмечаем, что выработанная нами фильтрующая хлопчатобумажная ткань ССХФТ по отношению к ним является недорогостоящей и простой для производства. В ходе проведенных исследований и анализов по определению химических и физико-

механических свойств ткань ССХФТ показала хорошие результаты, а точнее, в ходе экспериментов выявлена ее отличная супергидрофобность и суперолеофильность. Ткань также продемонстрировала свою стойкость к разным условиям эксплуатации, возможность многократного использования и самовосстановления. Ткань превосходно показала себя в исследованиях по отделению масляных жидкостей и масляной эмульсии от воды. Исходя из сегодняшних проблем по загрязнению водных источников и мировой нехватки очищенной питьевой воды ткань ССХФТ можно считать одним из наилучших вариантов для решения данных проблем. Исследование данной ткани, а также ее производство является актуальной задачей на сегодняшний день и требует дальнейших исследований для ее улучшения.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги вышеприведенных исследований, мы пришли к выводу, что выработанная нами фильтрующая хлопчатобумажная ткань ССХФТ отлично подходит для разделения смесей масло/вода благодаря своей эффективности, равной до 97,0 %, и краевому углу смачивания (КУС) водой и маслом, равному более 150°. Также в ходе исследований выявлено, что ткань ССХФТ обладает отличной стабильностью как в кипящей воде, так и в ледяной и может использоваться в течение длительного времени для разделения смесей кипящая вода (ледяная вода)/масло. По результатам анализа поведения ткани ССХФТ в сильных агрессивных растворах (1 мл HCl, 1 мл NaOH и 1 мл раствора NaCl) можно судить, что она обладает превосходными стабильными супергидрофобными свойствами и различает агрессивные смеси, растворы и масло. Также ткань показала отличную устойчивость к стирке и истиранию, не потеряв свои супергидрофобные и суперолеофильные свойства. Ткань ССХФТ с высокой эффективностью маслоотделения и долговечностью можно рекомендовать для широкого использования при очистке нефтесодержащих сточных вод.

1. Al-Majed A.A., Adebayo A.R., Hossain M.E. A sustainable approach to controlling oil spills // *J. Environ. Manage.* 113 (2012). 213–227.
2. Wang B., Liang W., Guo Z., Liu W. Biomimetic superhydrophobic and super-lyophilic materials applied for oil/water separation: a new strategy beyond nature // *Chem. Soc. Rev.* 44 (2015). 336–361.
3. Cheng Z., Wang J., Lai H., Du Y., Hou R., Li C., Zhang N., Sun K. pH-controllable on-demand oil/water separation on the switchable superhydrophobic/superhydrophilic and underwater low-adhesive superoleophobic copper mesh film // *Langmuir.* 31 (2015). 1393–1399.
4. Angelova D., Uzunov I., Uzunova S., Gigova A., Minchev L. Kinetics of oil and oil products adsorption by carbonized rice husks // *Chem. Eng. J.* 172 (2011). 306–311.
5. Ke Q., Jin Y., Jiang P., Yu J. Oil/water separation performances of superhydrophobic and superoleophilic sponges // *Langmuir.* 30 (2014). 13137–13142.
6. Jiang F., Hsieh Y.L. Amphiphilic superabsorbent cellulose nanofibril aerogels // *J. Mater. Chem. A* 2 (2014) 6337–6342.
7. Ceylan D., Dogu S., Karacik B., Yakan S.D., Okay O.S., Okay O. Evaluation of butyl rubber as sorbent material for the removal of oil and polycyclic aromatic hydrocarbons from seawater // *Environ. Sci. Technol.* 43 (2009). 3846–3852.
8. Sidik S.M., Jalil A.A., Triwahyono S., Adam S.H., Satar M.A.H., Hameed B.H. Modified oil palm leaves adsorbent with enhanced hydrophobicity for crude oil removal // *Chem. Eng. J.* 203 (2012). 9–18.
9. Yao X., Song Y.L., Jiang L. Applications of bio-inspired special wettable surfaces // *Adv. Mater.* 23 (2011). 719–734.
10. Emelyanenko A.M., Ermolenko N.V., Boinovich L.B. Contact angle and wetting hysteresis measurements by digital image processing of the drop on a vertical filament // *Coll. Surf. A.* 239 (2004). 25–31.
11. Nishimoto S., Bhushan B. Bioinspired self-cleaning surfaces with superhydrophobicity superoleophobicity, and superhydrophilicity, *RSC Adv.* 3 (2013). 671–690.
12. Erbil H.Y., Demirel A.L., Mert Y.A.O. Transformation of a simple plastic into a superhydrophobic surface. *Science* 299 (2003). 1377–1380.
13. Xue Z., Wang S., Lin L., Chen L., Liu M., Feng L., Jiang L. A novel superhydrophilic and underwater superoleophobic hydrogel coated mesh for oil/water separation // *Adv. Mater.* 23 (2011). 4270–4273.
14. Lafuma D. Quéré. Superhydrophobic states // *Nat. Mater.* 2 (2003). 457–460.
15. Zhang L., Zhong Y., Cha D., Wang P. A self-cleaning underwater superoleophobic mesh for oil-water separation // *Sci. Rep.* 3 (2013). 2326.
16. Zhou X.Y., Zhang Z.Z., Xu X.H., Guo F., Zhu X.T., Men X.H., Ge B. Robust and durable superhydrophobic cotton fabrics for oil/water separation. – *ACS Appl. Mater. Inter.* 5 (2013). 7208–7214.

17. Feng L., Zhang Z.Y., Mai Z.H., Ma Y.M., Liu B.Q., Jiang L., Zhu D.B. A super-hydrophobic and super-oleophilic coating mesh film for the separation of oil and water, *Angew. Chem. Int. Ed.* 43 (2004). 2012–2014.
18. Cheng M.J., Gao Y.F., Guo X.P., Shi Z.Y., Chen J.F., Shi F. A functionally integrated device for effective and facile oil spill cleanup, *Langmuir* 27 (2011). 7371–7375.
19. Li J., Li D.M., Yang Y.X., Li J.Q., Zha F., Lei Z.Q. A prewetting induced underwater superoleophobic or underoil (super) hydrophobic waste potato residue-coated mesh for selective efficient oil/water separation // *Green Chem.* 18 (2016). 541–549.
20. Tian D.L., Zhang X.F., Wang X., Zhai J., Jiang L. Micro/nanoscale hierarchical structured ZnO mesh film for separation of water and oil // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 13 (2011). 14606–14610.
21. Cai Y.H., Chen D.Y., Li N.J., Xu Q.F., Li H., He J.H., Lu J.M. A facile method to fabricate a double-layer stainless steel mesh for effective separation of water-in-oil emulsions with high flux // *J. Mater. Chem. A* 4 (2016). 18815–18821.
22. Zhu Q., Pan Q.M., Liu F.T. Facile removal and collection of oils from water surfaces through superhydrophobic and superoleophilic sponges // *J. Phys. Chem. C* 115 (2011). 17464–17470.
23. Peng H.L., Wang H., Wu J.N., Meng G.H., Wang Y.X., Shi Y.L., Liu Z.Y., Guo X.H. Preparation of superhydrophobic magnetic cellulose sponge for removing oil from water, *Ind. Eng. Chem. Res.* 55 (2016). 832–838.
24. Zhu Q., Chu Y., Wang Z.K., Chen N., Lin L., Liu F.T., Pan Q.M. Robust superhydrophobic polyurethane sponge as a highly reusable oil-absorption material // *J. Mater. Chem. A* 1 (2013). 5386–5393.
25. Wang J.T., Zheng Y. Oil/water mixtures and emulsions separation of stearic acidfunctionalized sponge fabricated via a facile one-step coating method // *Sep. Purif. Technol.* 181 (2017). 183–191.
26. Li J., Xu C.C., Zhang Y., Wang R.F., Zha F., She H.D. Robust superhydrophobic attapulgite coated polyurethane sponge for efficient immiscible oil/water mixture and emulsion separation // *J. Mater. Chem. A* 4 (2016). 15546–15553.
27. Wang J.T., Han F.L., Liang B., Geng G.H. Hydrothermal fabrication of robustly superhydrophobic cotton fibers for efficient separation of oil/water mixtures and oil-in-water emulsions // *J. Ind. Eng. Chem.* 54 (2017). 174–183.
28. Steimecke M., Rümmler S., Bron M. The effect of rapid functionalization on the structural and electrochemical properties of high-purity carbon nanotubes // *Electrochim. Acta.* 163 (2015). 1–8.
29. Zhang Y., Li Y.Q., Shao J.Z., Zou C. Fabrication of superhydrophobic fluorine-free films on cotton fabrics through plasma-induced grafting polymerization of 1,3,5,7-tetravinyl 1,3,5,7-tetramethylcyclotetrasiloxane // *Surf. Coat Tech.* 276 (2015). 16–22.
30. Lu R., Yu Y., Adkhamjon G. et al. Bio-inspired cotton fabric with superhydrophobicity for high-efficiency self-cleaning and oil/water separation. *Cellulose* 27, 7283–7296 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03281-9>.
31. Erkinov Z.E., G'afurov A.B., Ergashev M.M. Determination and analysis of the properties of twisted thread, developed from a differential single yarn // *Universum: Technical Sciences: electron. scientific magazine.* 2018. № 6(51). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6049>.
32. Sadikov M.R., Omonov M.T., Tojimirzaev S.T., Gofurov A.B. Analysis of changes in fiber properties in processes opening, cleaning and carding // *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal.* 2021. Vol. 11. Issue 4. Article DOI: 10.5958/2249-7137.2021.01043.0
33. Gafurov A., Korabayev S., Alimov O. Morphology and properties jute fibers // *Science and innovation.* 2022; 1(A8):129-35.
34. Parpiev X., Parpiev D.X., Lastochkin P.D. Research on improvement of the technology of preparation of yarn for twisting // *Universum: Technical Sciences: electron. scientific magazine* 2022. 10(103). URL:<https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14419>
35. Lastochkin P.D., Meliboev U.X. Investigation of the orientation and straightness of fiber in a sliver by the breaking method // *Universum: Technical Sciences: electron. scientific magazine* 2022. 9(102). URL:<https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14312>

Рекомендована кафедрой технологии изделий текстильной промышленности Наманганского инженерно-технологического института. Поступила 26.01.23.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СПЕЦОДЕЖДЫ
ИЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОДЕЖНЫХ КОЖЕВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ***

**IMPROVING THE QUALITY OF WORKWEAR
MADE OF NANOSTRUCTURED CLOTHING LEATHER MATERIALS**

Р.Ф. ГАЙНУТДИНОВ, В.В. ХАММАТОВА

R.F. GAINUTDINOV, V.V. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: venerabb@mail.ru

Представлены результаты научного исследования, ориентированного на решение проблем повышения качества одежных кожевенных материалов для специальной одежды. Цель работы заключалась в разработке способа получения наноструктурированной одежной кожи из овчины для специальной одежды, который позволит повысить предел прочности при растяжении, удлинение при напряжении 10 МПа и стойкость к истиранию опытных образцов. Объектом исследования выбран одежный кожевенный материал из шкур овчины. Для экспериментальных исследований контрольных и наноструктурированных образцов использовали разрывную машину МТ110-5, а также прибор марки UGT-7034-RUB для определения стойкости к истиранию образцов. Наноструктурирование одежных кожевенных материалов для спецодежды проводили электрофизическим методом модификации с применением потока неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления с использованием уникальной промышленной плазменной установки периодического действия на базе Центра коллективного пользования "Наноматериалы и нанотехнологии" КНИТУ. Наноструктурирование одежного кожевенного материала из овчины на основе применения потока ННТП пониженного давления привело к повышению предела прочности при растяжении на 32,3%; в определенном режиме наноструктурирования экспериментальных образцов ($W_p = 1,3$ кВт, $\tau = 9$ мин) удлинение при напряжении 10 МПа составило 45%; при этом стойкость к истиранию увеличилась на 26,2% относительно контрольных образцов. Одежный кожевенный материал из овчины достигает максимальных значений показателей механических свойств при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k = 26,6$ Па, времени воздействия $\tau = 9$ мин, мощности разряда $W_p = 1,3$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{аргон} = 0,04$ г/с.

The results of a scientific study focused on solving the problems of improving the quality of clothing leather materials for special clothing are presented. The aim

*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.

of the work was to develop a method for producing nanostructured sheepskin clothing leather for special clothing, which will increase the tensile strength of 10 MPa, elongation at 10 Mpa stress and abrasion resistance of prototypes. The object of the study which was clothing leather material from sheepskin was selected. For experimental studies of control and nanostructured samples, an MT110-5 bursting machine as well as a UGT-7034-RUB device for determining the abrasion resistance of samples were used. Nanostructuring of clothing leather materials for workwear was carried out by an electrophysical modification method using a nonequilibrium low-temperature plasma of reduced pressure using a unique industrial plasma installation of periodic action on the basis of the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" KNITU. The resulting nanostructured sheepskin leather material based on the application of a low-pressure flow of NNTP increased the tensile strength of 10 MPa by 32.3%; in a certain nanostructuring mode of experimental samples $W_p = 1,3 \text{ kW}$, $\tau = 9 \text{ min}$, elongation at a voltage of 10MPa was 45 %; at the same time, the abrasion resistance increased by 26.2%, relative to the control samples. At the same time, the sheepskin leather clothing material maximally achieves mechanical properties at the following parameters of the impact of the low-pressure flow of the NNTP: operating pressure in the vacuum chamber $P_k = 26,6 \text{ Pa}$, exposure time $\tau = 9 \text{ min}$, discharge power $W_p = 1,3 \text{ kW}$ and plasma-forming gas consumption $G_{\text{argon}} = 0.04 \text{ g/s}$.

Ключевые слова: одежный кожаный материал, овчина, неравновесная низкотемпературная плазма, механические свойства, наноструктурирование, специальная одежда.

Keywords: clothing leather, sheepskin, non-equilibrium low-temperature plasma, mechanical properties, nanostructuring, special clothing.

Качество специальной одежды оценивается соответствием комплекса свойств требованиям потребителей. В последние годы проблема повышения качества кожаных материалов для специальной одежды носит сложный комплексный характер и включает в себя множество различных требований, из которых прежде всего выделяют технологические и эксплуатационные требования, определяющие соответствие специальной одежды своему назначению. При этом необходим достаточный ресурс защитных свойств, гарантирующий надежность изделий в эксплуатации [1]. Причем качество кожаных материалов во многом определяет срок эксплуатации спецодежды [2].

Спецодежда из кожаных материалов (кожи и спилка), предназначенная для проведения сварочных работ, известна и представлена на российском рынке. Кожаные материалы ограниченно справляются с защитой от продуктов сварки, термиче-

ского и ультрафиолетового воздействия сварочной дуги, и некоторые производители творчески подходят к переосмыслению этого традиционного типа спецодежды [3].

Известные способы управления микроструктурой натуральных материалов легкой промышленности отличаются высокой трудоемкостью, требуют наличия специальных химических активаторов, оборудования и дополнительных производственных площадей, а в ряде случаев токсичны и экологически небезопасны. Их использование сопровождается трудностями, вызванными особенностями соединения композиционных материалов с полимерными покрытиями [4...6].

Для спецодежды из кожаных материалов особо выделяют группу показателей надежности. Эта группа объединяет физико-механические свойства (разрывную нагрузку, относительное разрывное удлинение, стойкость к истиранию и т.д.) [7].

Повышение качества кожевенных материалов для спецодежды является нелегкой задачей, решение которой основывается на применении нанотехнологий, связанных с воздействием потока неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления для улучшения их механических свойств.

Кожевенный материал используется для пошива костюмов сварщиков, сталеваров, металлургов, специалистов химической промышленности, которые подвергаются в процессе их эксплуатации воздействию высокой температуры, капель раскаленного металла и различных агрессивных сред. Поэтому качественная специальная одежда из кожевенных материалов должна полностью выдерживать механические нагрузки и деформации, материал должен отлично выдерживать резкие скачки температуры и другие негативные воздействия погодных условий, обладать повышенной износостойкостью, отличаться высоким уровнем огнестойкости.

Наиболее важным направлением улучшения качества одежного кожевенного материала из шкур овчины является повышение его прочности, разрывного удлинения и износостойкости, так как механические свойства увеличивают срок службы специальной одежды. В связи с изложенным повышение механических свойств кожевенных материалов для спецодежды является актуальным и представляет научный и практический интерес.

В данной работе приведены результаты исследования влияния потока ННТП пониженного давления на механические свойства кожевенных материалов для специальной одежды, которое проводилось на контрольных и наноструктурированных образцах.

В качестве объекта исследования выбран ассортимент одежного кожевенного материала из шкур овчины, применяемый для изготовления спецодежды, характеристики которого представлены в табл. 1.

Наноструктурирование опытных образцов одежного кожевенного материала из овчины осуществлялось на уникальной полупромышленной прецизионной плаз-

менной установке периодического действия. Специфической частью комплекса являлась непрерывная подача кожи в камеру в межэлектродное пространство.

Т а б л и ц а 1

Наименование материала	Площадь, дм ²	Толщина в стандартной точке Н, мм	Масса в парном состоянии, кг
Одежный кожевенный материал из овчины	60...100	1,0...3,0	1,5...3,5

В камере создавалось пониженное давление и происходило наноструктурирование в потоке ННТП при температуре, не превышающей 120 градусов, в сети переменного тока напряжением 380/220 В ± 5%, частотой 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон.

Варьирование входных параметров плазменной установки осуществлялось в диапазоне: мощность разряда W_p от 1,1 до 1,6 кВт, расход плазмообразующего газа G от 0 до 0,06 г/с, давление в вакуумной камере P_k от 13 до 53 Па и время обработки τ от 5 до 11 мин.

После плазменного наноструктурирования одежного кожевенного материала из овчины проводились последующие красильно-жировальные технологические процессы нейтрализации для проведения равномерного крашения, где эмульсия жира лучше поглощалась кожей и жир равномернее распределялся в толще дермы. Для этого образцы одежного кожевенного материала пропитывали химическим составом – щавелевой кислотой и ПАВ в зависимости от их функционального назначения, поскольку полученные опытные образцы одежных кожевенных материалов для спецодежды прежде всего должны соответствовать требованиям безопасности труда ГОСТ Р ЕН 340-210 (ЕН 340:2003).

Для обеспечения комфортной работы и защиты от опасных факторов на металлургических и химических производствах спецодежда должна обладать не только водоупорностью и огнестойкостью, но и

необходимыми механическими свойствами. При этом одежный кожевенный материал для спецодежды не должен разрушаться. Сведения о безопасности опытных образцов спецодежды из разрабатываемых материалов подлежали проверке. Для этого осуществлялась оценка их качественных характеристик после наноструктурирования в потоке ННТП пониженного давления, в результате которой определялся уровень сохранения механических свойств опытных образцов спецодежды из разрабатываемого материала.

Основными показателями, определяющими механические свойства наноструктурированного одежного кожевенного материала для специальной одежды, являлись предел прочности при растяжении, удлинение при напряжении 10 МПа и стойкость к истиранию. Определение предела прочности и удлинения при напряжении 10 МПа в контрольных и наноструктурированных опытных образцах одежного кожевенного материала проводили при одноосном растяжении материалов согласно ГОСТ 938.11-69 [8], а стойкости к истиранию – на примере ГОСТ 9913-90 [9].

Проведено исследование предела прочности при растяжении, удлинения при напряжении 10 МПа и стойкости к истиранию наноструктурированных опытных образцов одежного кожевенного материала для спецодежды после воздействия потока ННТП пониженного давления.

Максимальный предел прочности при растяжении и удлинение при напряжении 10 МПа опытных контрольных и наноструктурированных образцов одежного кожевенного материала для спецодежды определяли на разрывной машине МТ110-5. Испытания проводили до разрушения на пяти опытных образцах, затем определяли среднее значение полученных результатов.

На рис. 1 представлены зависимости изменения прочности при растяжении исследуемых образцов одежного кожевенного материала из шкур овец от времени воздействия плазмы и мощности разряда. Экспериментальные исследования образцов

показали, что для улучшения прочности кожи при растяжении более чем на 30% требуется обработка в режиме: давление в вакуумной камере $P_k = 26,6$ Па; мощность разряда $W_p = 1,3$ кВт; время воздействия плазмой $\tau = 7$ мин; расход плазмообразующего газа $G_{\text{аргон}} = 0,04$ г/с.

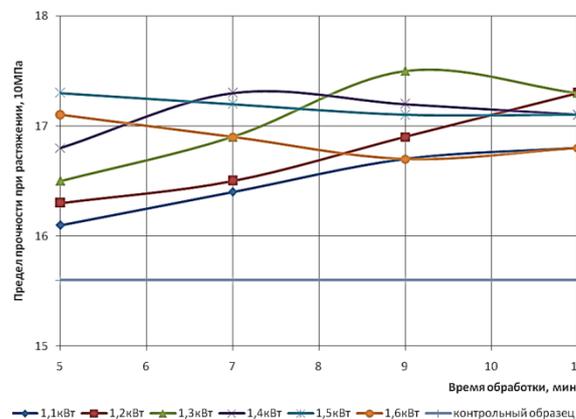


Рис. 1

Как видно из рис. 1, в опытных образцах одежного кожевенного материала из шкур овец для спецодежды предел прочности при растяжении увеличился на 32,3% относительно контрольных образцов.

Данный показатель позволяет косвенно оценить качественный состав кожаной ткани образцов мехового полуфабриката, так как кожаная ткань меховой овчины, имеющая высокое удлинение при напряжении, обладает хорошей эластичностью, что немаловажно для меховых изделий специального назначения. Полученные результаты влияния параметров ННТП на удлинение при напряжении 10 МПа образцов натуральных одежных кожевенных материалов для спецодежды представлены в табл. 2.

Исследования одежных кожевенных материалов для спецодежды из овчины (табл. 2) показали, что в определенном режиме наноструктурирования экспериментальных образцов ($W_p = 1,3$ кВт, $\tau = 7$ мин) удлинение при напряжении 10 МПа составило 45 %, что соответствует требованиям ГОСТ 12.4.280-2014.

Таблица 2

Мощность разряда W_p , кВт	Удлинение при напряжении 10 МПа, %, при времени обработки, мин			
	$\tau = 5$	$\tau = 7$	$\tau = 9$	$\tau = 11$
1,1	47	46,8	46,7	45,2
1,2	46,8	46,6	46,4	45,4
1,3	46,4	45,0	44,4	44,2
1,4	45,5	45,2	44,6	44,5
1,5	45,2	44,7	44,3	44
1,6	45,1	44,5	43,7	43

Чтобы полностью оценить надежность материалов при эксплуатации спецодежды, проведены исследования стойкости к истиранию. Стойкость к истиранию образцов одежных кожевенных материалов опреде-

ляли с помощью прибора UGT-7034-RUB на контрольных образцах и образцах, прошедших плазменное наноструктурирование в потоке ННТП. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Мощность разряда W_p , кВт	Стойкость к истиранию, циклы, при времени обработки, мин			
	$\tau = 5$	$\tau = 7$	$\tau = 9$	$\tau = 11$
1,1	7350	7400	7500	7600
1,2	7400	7450	7600	7650
1,3	7600	7700	7650	7450
1,4	7650	7650	7650	7400
1,5	7600	7650	7500	7400
1,6	7550	7550	7400	7300
Контрольный образец	6100			

Если проанализируем результаты исследований образцов одежных кожевенных материалов для спецодежды по стойкости к истиранию (табл. 3), получим ее увеличение в определенном режиме наноструктурирования ($W_p = 1,3$ кВт, $\tau = 7$ мин), что составляет 7700 циклов. При этом стойкость к истиранию контрольного образца одежного кожевенного материала из шкур овчины составляет 6100 циклов, что ниже на 26,2% показателя образца, наноструктурированного ННТП.

Таким образом, механические свойства в наноструктурированных экспериментальных образцах одежных кожевенных материалов для спецодежды повышаются за счет применения плазменной обработки и управления их микроструктурой, вследствие чего происходит взаимодействие между молекулами, не приводящее к образованию химических связей.

ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные опытные образцы одежного кожевенного материала

из овчины прежде всего обладают повышенной износостойкостью, особенно это важно для рабочих металлургических и сталеплавильных организаций, нефтяников и тех, кто работает на взрыво- и пожароопасном производстве.

В одежном кожевенном материале из овчины, полученном на основе применения метода наноструктурирования потоком ННТП пониженного давления, предел прочности при растяжении 10 МПа увеличился на 32,3% относительно контрольных образцов; в определенном режиме наноструктурирования экспериментальных образцов ($W_p = 1,3$ кВт, $\tau = 7$ мин) удлинение при напряжении 10 МПа составило 45%; при этом стойкость к истиранию увеличилась на 26,2% относительно контрольных образцов.

При этом одежный кожевенный материал из овчины достигает максимальных значений механических показателей при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k = 26,6$ Па, времени воздействия $\tau = 9$ мин, мощности

разряда $W_p = 1,3$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{\text{аргон}} = 0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хамматова Э.А., Абуталипова Л.Н. Сохранение качества наноструктурированных текстильных материалов после эксплуатационной носки специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 83...88.

2. Рахматуллина Г.Р., Панкова Е.А. Инновационные, экологически безопасные технологии получения высококачественных кож // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 192...196.

3. Новые идеи и решения СИЗ для сварщика [Электронный ресурс] URL: <https://getsiz.ru/novye-idei-i-resheniya-siz-dlya-svarshchika.html> (дата обращения: 11.12.22).

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

5. Бигеева К.Р. Влияние неравновесной низкотемпературной плазмы на пористую структуру кож из шкур рыб различных видов дубления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5(401). С. 113...117.

6. Вознесенский Э.Ф., Дресвянников А.Ф., Красина И.В., Кулецов Г.Н. Структурные изменения кожевенных материалов под воздействием высокочастотной плазмы пониженного давления // Вестник Казанского государственного технологического университета. 2005. № 2. Ч. 2. С. 265...269.

7. Зурабян К.М., Краснов Б.Я., Пустыльник Я.И. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. М.: Изд. центр "Академия", 2003.

8. ГОСТ 938.11-69. Кожа. Метод испытания на растяжение. Введено 01.01.1970. М.: Изд-во стандартов, 1970.

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

REFERENCES

1. Khammatova E.A., Abutalipova L.N. Preservation of the quality of nanostructured textile materials after operational wear of special clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021, No. 5 (395). P. 83...88.

2. Rakhmatullina G.R., Pankova E.A. Innovative, environmentally safe technologies of high-quality leather production // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022, No. 1 (397). Pp. 192...196.

3. New ideas and solutions of PPE for welder [Electronic resource] URL: <https://getsiz.ru/novye-idei-i-resheniya-siz-dlya-svarshchika.html> (date of notification: 11.12.22).

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

5. Bigeeva K.R. Influence of nonequilibrium low-temperature plasma on the porous structure of skins from fish skins of various types of tanning // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5(401). P. 113...117.

6. Voznesensky E.F., Dresvyannikov A.F., Krasina I.V., Kulevtsov G.N. Structural changes of leather materials under the influence of high-temperature plasma of low pressure // Bulletin of Kazan State Technological University. 2005. No. 2. Part 2. P. 265...269.

7. Zurabyan K.M., Krasnov B.Ya., Pustynnik Ya.I. Material science in the production of light industry products. M.: Publishing center "Academy", 2003.

8. GOST 938.11-69. Leather. The method of tensile testing. Introduced 01.01.1970. M.: Publishing House of Standards, 1970.

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

Рекомендована кафедрой дизайна КНИТУ. Поступила 20.02.23.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДИРАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ***

**INVESTIGATION OF THE TEARING LOAD
OF NANOSTRUCTURED MATERIALS
FOR MANUFACTURING WORKWEAR**

Э.А.ХАММАТОВА

E.A. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с решением проблем повышения стойкости текстильных материалов к раздирающей нагрузке. Цель работы заключалась в разработке способа получения наноструктурированных многофункциональных текстильных материалов для спецодежды, который позволяет получить уплотненные образцы. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Исследование раздирающей нагрузки проводили на контрольных и наноструктурированных образцах с использованием разрывной машины МТ110-5. Наноструктурирование тканей осуществляли потоком "холодной" плазмы пониженного давления на полупромышленной плазменной установке периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3" в Центре коллективного пользования "Наноматериалы и нанотехнологии" КНИТУ. При этом многофункциональные текстильные материалы достигли максимальных значений показателей раздирающей нагрузки при оптимальных параметрах воздействия потока "холодной" плазмы пониженного давления. Установлено, что в наноструктурированных образцах после плазменной обработки раздирающая нагрузка уменьшается в 2 раза, в отличие от контрольных образцов многофункциональных текстильных материалов.

The issues related to solving the problems of increasing the resistance of textile materials to tearing load, which are used in overalls, are considered. The aim of the work was to develop a method for obtaining nanostructured multifunctional textile materials for workwear, which allows to obtain compacted samples. Textile materials containing cotton fibers and polyester fibers were selected as the objects of the study. The study of the tearing load was carried out on control and nanostructured samples using the MT110-5 bursting machine. Nanostructuring of tissues was carried out by a flow of "cold" plasma of reduced pressure on a semi-industrial plasma installation of periodic action "WATT 4000 PT PLASMA 3",

*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.

which is used in the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" KNITU. At the same time, multifunctional textile materials have maximally achieved the indicators of tearing load with optimal parameters of the impact of the flow of "cold" plasma of reduced pressure. It was found that in nanostructured samples after plasma treatment, the tearing load decreases by 2 times, unlike control samples of multifunctional textile materials.

Ключевые слова: текстильный материал, стойкость, раздирающая нагрузка, многофункциональный материал, холодная плазма, наноструктурирование, специальная одежда.

Keywords: textile material, durability, tearing load, multifunctional material, cold plasma, nanostructuring, special clothing.

Предел прочности ткани при раздирании является показателем, характеризующим качество структуры ткани. Он также зависит от линейной плотности пряжи и качества волокнистого материала. Исследуемый показатель применяется при разработке тканей новых структур и оценивается путём раздираания образца ткани на разрывной машине. Наименьшим пределом прочности к раздиранию обладают ткани жёсткие, малорастягивающиеся и малой плотности, в этом случае раздирающая нагрузка падает исключительно на первую нить. Подобные нагрузки испытывают нити ткани в одежде – по концам карманов или петель [1].

Раздирающая нагрузка ткани является показателем, характеризующим способность ткани выдерживать усилие, которое концентрируется на сравнительно небольшом ее участке и определяется в соответствии с ГОСТ 3813-72 [2].

Показатель раздирающей нагрузки очень важен при прогнозировании работоспособности тканей для спецодежды, так как может быть слабым местом в текстильных материалах с водоотталкивающей или нефтемаслоотталкивающей пропитками. Малейшее нарушение целостности пропитанного материала, находящегося в напряженном состоянии, за счет прокола, разреза или иного повреждения может привести к разрушению конструкции тканей для спецодежды. Помимо прочности на разрыв для всесторонней оценки прочностных свойств текстильных материалов применяют ряд других характери-

стик, в частности испытание на раздир с использованием крыловидного метода.

Крыловидный метод признан универсальным, достаточно полно отражающим реальный процесс раздираания тканей. Он пригоден для испытаний различных материалов и не требует каких-либо приспособлений к разрывной машине. В настоящее время крыловидный способ также стандартизирован в России [3].

Испытания тканей на раздирание свидетельствуют о том, что структура материала оказывает существенное влияние на показатели раздирающей нагрузки. При увеличении в переплетении длины перекрытий, уменьшении числа нитей на 100 мм ткани прочность ткани при раздирании возрастает [4].

Показатели раздирающей нагрузки во многом зависят от коэффициента уплотнённости ткани: чем меньше коэффициент, тем выше раздирающая нагрузка. Коэффициент наполнения ткани также существенно влияет на раздирающую нагрузку. Для тканей из полиэфирных и вискозных нитей оптимальное значение раздирающей нагрузки отмечается при коэффициенте наполнения 0,7...0,8 [5].

Традиционно для выработки тканей, обладающих высокой прочностью при раздирании, следует увеличивать число нитей на 100 мм разрываемой системы нитей или уменьшать число нитей на 100 мм противоположной системы, применять в разрываемой системе нити повышенной прочности, использовать гладкие нити с малым коэффициентом сопротивления в

направлении, поперечном приложенной нагрузке.

В данной работе приведены результаты исследования влияния потока "холодной" плазмы пониженного давления на раздирающую нагрузку текстильных материалов для спецодежды. Одним из способов повышения раздирающей нагрузки текстильных материалов для спецодежды является наноструктурирование потоком "холодной" плазмы пониженного давления.

Исследование раздирающей нагрузки текстильных материалов проводили в экспериментальных условиях носок спецодежды путем многократных механических напряжений при ее эксплуатации. Поэтому на основе применения метода испытания с одним продольным разрезом определили факторы, влияющие на повышение раздирающей нагрузки до и после наноструктурирования текстильных материалов потоком "холодной" плазмы пониженного давления. Определение раздирающей нагрузки контрольных и наноструктурированных опытных образцов тек-

стильных материалов проводилось при заправке в зажимы разрывной машины МТ110-5, где элементарные пробы складывали пополам по линии надреза, а затем закрепляли один "язычок" пробы в верхнем зажиме машины, другой – в нижнем. При этом перекручивание "язычков" не допускалось. Раздирание элементарной пробы проводили на длине 50 мм, не доводя до полного разделения пробы на две части, согласно ГОСТ 3813-72 [2].

Ткань для спецодежды считается стойкой к раздирающей нагрузке, если изменяется ее структура и увеличивается плотность материалов. Испытания различных тканей на раздирание свидетельствуют о том, что структура материалов оказывает существенное влияние на показатели раздирающей нагрузки.

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

Т а б л и ц а 1

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %		Вес, г/м ²	Переплетение	Пропитка
			хлопок	полиэстер			
1	"Премьер Комфорт-250"	18422 Х	80	20 (ангистатическая нить)	255	Саржевое 3/1	StopOil + нефтемасловодоотталкивающая (НМВО)
2	"Cotton Rich 180"	18444	60	40	180	Саржевое 2/1	Bio Repellent (водоотталкивающая анти-москитная отделка)
3	"Премьер Cotton 300"	10408	100	-	300	Саржевое 3/1	МВО

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

Входные параметры плазменной установки устанавливали в пределах: мощность разряда W_p от 2,0 до 4,5 кВт, расход плазмообразующего газа G от 0,02 до 0,05 г/с, давление в вакуумной камере P_k от 26 до 52 Па и время обработки τ от 1 до 3 м/мин.

Исследования текстильных материалов проводили на пяти опытных образцах до разрушения, затем определяли среднее значение полученных результатов. Резуль-

таты исследований раздирающей нагрузки $\Delta Q_{п.н}$ относительно контрольных текстильных материалов "Премьер Cotton 300", "Премьер Комфорт-250", а также "Cotton

Rich 180" с одним продольным надрезом после опытных носок и стирок представлены на рис. 1...3.

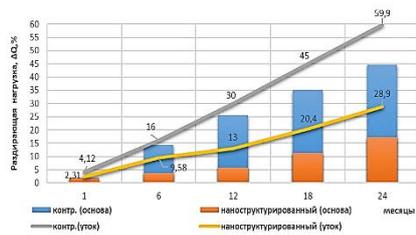


Рис. 1



Рис. 2

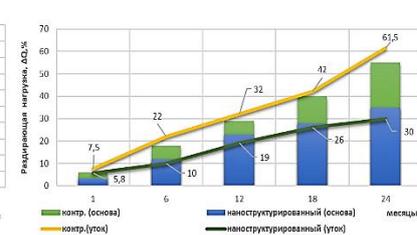


Рис. 3

Результаты исследований экспериментальных образцов показали, что раздирающая нагрузка зависит от природы волокон, вида образцов входного контроля и продолжительности опытных носок и стирок многофункциональных текстильных материалов (МТМ). Отмечено, что с увеличением продолжительности опытных носок МТМ раздирающая нагрузка максимально увеличивается в контрольных образцах и имеет экстремум после 24 месяцев эксплуатации спецодежды.

Как видно из рис. 1...3, наноструктурированные образцы после плазменной обработки обладают меньшей раздирающей нагрузкой, в отличие от контрольных образцов МТМ, почти в 2,0 раза, 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 раздирающая нагрузка уменьшилась по основе на 15,5% и по утку на 28,9%, в МТМ "Премьер Комфорт-250" (состав хл. 80% и п/э 20%) $\Delta Q_{п.н}$ уменьшилась по основе на 38% и по утку на 62,9%, а в МТМ "Cotton Rich 180" (состав хл. 60% и п/э 40%) $\Delta Q_{п.н}$ снизилась по основе на 35% и по утку на 30,0%. В ходе данного эксперимента установлено, что в образцах МТМ при испытании пробных полосок происходит больше разрыв хлопчатобумажных нитей, расположенных вдоль направления действующей нагрузки, чем синтетических

волокон, которые расположены перпендикулярно направлению прикладываемой нагрузки.

Испытания различных МТМ на раздирание свидетельствуют о том, что структура материала оказывает существенное влияние на показатели раздирающей нагрузки. Показатели раздирающей нагрузки во многом зависят от коэффициента уплотнённости ткани. Чем меньше коэффициент, тем выше раздирающая нагрузка. Уменьшение раздирающей нагрузки в спецодежде 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 применения гладких нитей полиэстер в направлении, поперечном приложенной нагрузке.

В процессе опытных носок и стирки 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 поверх-

ности изделий, большая часть которых находится в хорошем состоянии, спецодежда приходит в негодность.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам экспериментального исследования раздирающей нагрузки многофункциональных текстильных материалов можно сделать вывод, что наноструктурирование в потоке "холодной" плазмы пониженного давления позволяет получить уплотненные образцы.

Установлено, что в наноструктурированных образцах после плазменной обработки раздирающая нагрузка меньше, в отличие от контрольных образцов МТМ, почти в 2,0 раза.

Определено, что после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная раздирающая нагрузка уменьшилась по основе на 15,5% и по утку на 28,9% в "Премьер Cotton 300", а в МТМ "Премьер Комфорт-250" уменьшилась по основе на 38% и по утку на 62,9%, при этом в "Cotton Rich 180" снизилась по основе на 35% и по утку на 30,0%.

Установлены параметры воздействия потока "холодной" плазмы пониженного давления: рабочее давление в вакуумной камере $P_k = 21-22$ Па, время воздействия $\tau = 1$ м/мин, мощность разряда $W_p = 3,0-3,5$ кВт и расход плазмообразующего газа – воздух $G_{возд} = 0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механические свойства тканей [Электронный ресурс] <https://infourok.ru/teoriya-mehnicheskie-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, 01.09.1990, 01.06.1992 (ИУС 4-82, 12-90, 9-92). М.: Изд-во стандартов, 1973. 6 с.

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

4. 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). М., 2015. Ч. 2. С. 137...144.

5. Додонкин, Ю.В., Кирюхин С.М. Ассортимент, свойства и оценка качества тканей. М.: Легкая индустрия, 1979.

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

REFERENCES

1. Mechanical properties of fabrics [Electronic resource] <https://infourok.ru/teoriya-mehnicheskie-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. Effect of plasma flow on improving the physical and mechanical properties of technical materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. No. 6. P. 56 ... 62.

4. Shustov Yu.S., Kostomarov S.A., Valuev V.S. Investigation of discontinuous characteristics of special purpose tissues after exposure to acid and alkali // Collection of materials "Design, technologies and innovations in textile and light industry (Innovations – 2015). Part 2. М., 2015. Pp. 137...144.

5. Dodonkin, Yu.V., Kiryukhin S.M. Assortment, properties and quality assessment of fabrics. М.: Light Industry, 1979.

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

Рекомендована кафедрой дизайна КНИТУ. Поступила 20.02.23.

РАЗРАБОТКА НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ОЦЕНКА СВОЙСТВ ЭКОКОЖ

DEVELOPMENT OF QUALITY INDICATORS NOMENCLATURE AND EVALUATION OF ECO-LEATHER PROPERTIES

Ю.И. МАРУЩАК, Н.Н. ЯСИНСКАЯ, И.А. ПЕТЮЛЬ

YU.I. MARUSHCHAK, N.N. YASINSKAYA, I.A. PETYUL

(Витебский государственный технологический университет, Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Belarus)

E-mail: tonk.00@mail.ru, yasinskaynn@rambler.ru, petyul@inbox.ru

В статье рассмотрены инновационные материалы – ткани с PU покрытием (экокожи) одежного назначения (Беларусь). Проведенный анализ научной литературы позволил установить перечень стандартов, регламентирующих требования к подобным материалам, однако предлагаемые номенклатуры показателей качества являются устаревшими и недостаточными. В целях совершенствования нормативного обеспечения проведена экспертная оценка технологических, потребительских и эксплуатационных свойств экокож одежного назначения, на основании которой выявлены наиболее значимые характеристики. По результатам составлена номенклатура показателей качества, в соответствии с которой проведены исследования по оценке физико-механических свойств экокож белорусского производства. Полученные данные позволяют сделать вывод, что ткани с PU покрытием, производимые по современной технологии, успешно заменяют кожи натурального происхождения. Результатом работы является проект технических условий "Ткани одежные с полиуретановым покрытием", который позволит производить контроль выпускаемой продукции и обеспечит возможность оценить соответствие отечественных тканей с покрытием передовым зарубежным аналогам.

The article discusses innovative materials – fabrics with PU coating (eco-leather) for clothing purposes (Belarus). The analysis of the scientific literature made it possible to establish a list of standards regulating the requirements for such materials, however, the proposed nomenclature of quality indicators are outdated and inaccurate. In order to improve regulatory support, an expert assessment of technological, consumer and operational properties of eco-leather for clothing purposes was carried out, on the basis of which the most significant characteristics were identified. Based on the results, a nomenclature of quality indicators was compiled, on the basis of which studies were conducted to assess the physical and mechanical properties of eco-leather of Belarusian production. The data obtained allow us to conclude that PU-coated fabrics produced using modern technology will successfully replace natural leather. The result of the work is a draft of the technical specifications "Clothing fabrics with polyurethane coating", which will allow monitoring of manufactured products and will provide an opportunity to assess the compliance of domestic fabrics with the coating with advanced foreign analogues.

Ключевые слова: экокожа, ткань, полиуретановое покрытие, номенклатура показателей, качество, физико-механические показатели, гигиенические показатели, технические условия.

Keywords: eco-leather, fabric, polyurethane coating, nomenclature of indicators, quality, physical and mechanical indicators, hygienic indicators, technical conditions.

Введение

В последние годы в легкой промышленности особую актуальность приобретают многофункциональные текстильные материалы, которые обладают комплексными свойствами. Одной из распространенных и экономически выгодных технологий получения таких материалов является нанесение полимерных композиций с различными свойствами на текстильные полотна (ткань, трикотаж, нетканые материалы) [1], [2].

Сегодня полимерные покрытия широко используются при изготовлении текстильных материалов технического и бытового назначения, а также изделий легкой промышленности, полностью или частично заменяя натуральные. Одним из наиболее распространенных полимеров для формирования функциональных покрытий является полиуретан (далее – PU). Полиуретановые композиции приобрели популярность благодаря своей устойчивости к старению, высокой стойкости к воздействию окружающей среды и низкой температуре стеклования, которая, по сути, является нижней точкой морозостойкости для эластомеров.

Известно, что на основе полиуретановых покрытий возможно получение материала *экокожа* [3...5]. Анализ научных работ выявил, что трактовка термина *экокожа* различна. За этим названием может скрываться, например, полимерное покрытие, нанесенное на натуральный спилок, или же композитное полотно, где в качестве основы используется текстильное полотно, а в качестве матрицы – полимерное покрытие (PU, ПВХ). В целом этот материал может иметь множество разновидностей и прежде всего потому, что нет единого общемирового определения термина *экокожа*. Бекашева А.С. подразумевает под экокожей

материал, полученный в результате нанесения полимерной пленки на хлопковую основу [3]. В рамках данной работы используется трактовка Бекашевой А.С. [3] с некоторым дополнением – в качестве полимерной пленки используется полиуретановая композиция.

Полиуретан в отличие от винила не требует добавления пластификаторов, поэтому готовый материал с таким покрытием не растрескивается и не отслаивается, а остается мягкий и эластичный в течение всего времени эксплуатации. Главным преимуществом текстильных материалов с PU покрытием является полное отсутствие выделения химических веществ при эксплуатации, по своим характеристикам этот современный материал ни в чем не уступает натуральной коже, благодаря чему его и называют экокожей [3]. За последнее столетие экологическое сознание значительно возросло. Потребители стали более бдительными и учитывают экологические и токсикологические аспекты товаров и изделий, которые они используют в повседневной жизни. Соответственно аспект производства текстильных изделий без воздействия на экологический баланс является важным направлением деятельности.

Ткани с нанесенным на них полимерным покрытием, имитирующие натуральную кожу, стали популярным материалом для производства одежды, галантерейных изделий и обивки мебели. Однако для пошива изделий материал в основном импортируется из Китая и Турции. Высокий уровень конкуренции влечет за собой стремление белорусских предприятий к постоянной модернизации. Внедрение инноваций позволит повысить конкурентоспособность предприятий и отказаться от импортируемых товаров в пользу отечественной продукции. На сегодняшний день

на ОАО "Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение" (далее – ОАО "БПХО") (Беларусь) освоена технология и выпущены опытные партии инновационной продукции – тканей с полиуретановым покрытием, которые по своим свойствам похожи на натуральные кожи. В Республике Беларусь создание данного материала находится на стадии становления и развития, соответственно информация о физико-механических свойствах таких материалов изучена не до конца, а национальные стандарты на подобный материал отсутствуют. Вследствие этого определение показателей качества, проведение исследований по оценке физико-механических свойств тканей с PU покрытием и на основе полученных данных разработка нормативной документации является одним из актуальных направлений текстильного материаловедения и развития отечественной легкой промышленности.

Объект и методы исследований

В качестве объектов исследования выбраны опытные образцы тканей с полиуретановым покрытием, полученные в производственных условиях ОАО "БПХО". Исследуемые образцы представляют собой композиты, образованные сочетанием двух слоев (рис. 1 – структура ткани с полимерным покрытием).

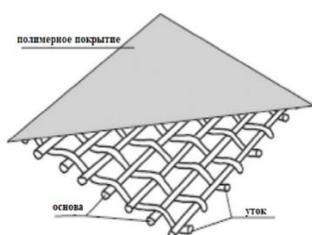


Рис. 1

В качестве основы использовали хлопчатобумажное полотно поверхностной плотностью 166,0 г/м². В качестве полимерного покрытия использовали вспененную полиуретановую композицию, обладающую высокой износостойкостью, морозостойкостью и малым удельным весом (СНТ, Германия).

Нанесение покрытия осуществлялось в два этапа: основное и финишное. Нарработка

опытных образцов проводилась на сушильно-ширильной машине с узлом покрытия ф. "YAMUNA" (Индия). Нанесение полиуретанового покрытия осуществляется шаберным способом, который основан на удалении с поверхности ткани избытка полимерной массы при помощи шабера (ножа).

Для изучения морфологии поверхности исследуемых образцов проведена микроскопия поверхности и поперечного среза в отраженном свете с помощью исследовательского микроскопа Альтами МЕТ 5Т, оснащенного видеоокулярном и программным обеспечением для просмотра и работы с изображением на компьютере. Данные оптической микроскопии представлены на рис. 2.

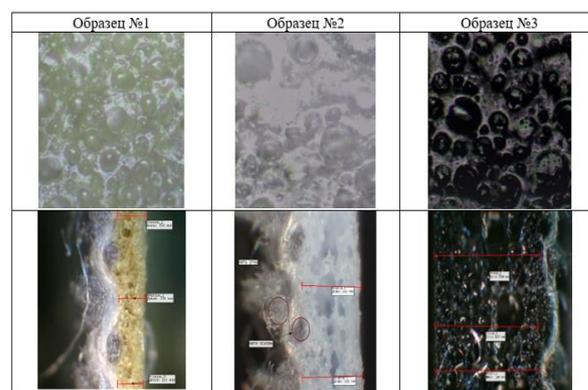


Рис. 2

На поверхности материала видны микрорпоры, равномерно распределенные по всей поверхности, что свидетельствует о воздухопроницаемости материала. С помощью инструментов "отрезок" программного обеспечения определена толщина полимерного покрытия и всего исследуемого материала. Усреднённые результаты замеров представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Толщина полимерного покрытия, мм			Толщина всего материала, мм		
Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №1	Образец №2	Образец №3
0,22	0,61	1,13	0,47	0,88	1,35

Анализ литературных источников и научно-технической документации пока-

зал, что на сегодняшний день отсутствуют национальные стандарты, устанавливающие требования к тканям с полиуретановым покрытием (экокожа) одежного назначения. Большинство исследователей относят тканые текстильные материалы, покрытые полимерным слоем, к искусственным кожам [3...6]. Стандартами на подобные материалы являются:

– ГОСТ 28461 "Кожа искусственная одежная. Общие технические условия" [7];

– ГОСТ Р 56621 "Кожа искусственная одежная. Общие технические условия" [8].

Однако существующие номенклатуры показателей качества являются устаревшими и недостаточными, поскольку современные экокожи обладают новыми, улучшенными свойствами, которые отличаются от характеристик материалов, изготавливаемых в 90-х годах. Актуальным является совершенствование нормативной базы для оценки качества экокож одежного назначения в направлении уточнения номенклатуры показателей качества с учетом требований, установленных в рассматриваемых стандартах. На основании разработанной номенклатуры будет возможным разработка технических условий, которые позволят производить контроль выпускаемой продукции и обеспечат возможность оценить соответствие отечественных тканей с покрытием передовым зарубежным аналогам.

С учетом требований, предъявляемых к подобным материалам [7], [8], составлен перечень показателей. Некоторые характеристики, например индекс токсичности, содержание свободного формальдегида и т.д., не были включены в перечень для оценки, поскольку их соответствие нормам подразумевается обязательным соблюдением требований ТР ТС 017/2011 "О безопасности продукции легкой промышленности" [9].

Для выявления наиболее значимых показателей качества экокожи одежного назначения (юбки, брюки, жилеты, пиджаки) проведен опрос специалистов предприятий легкой промышленности. Экспертам предлагалось дать ранговую оценку заранее определенного количества показате-

телей. Для оценки предложены следующие показатели качества: X_1 – прочность на продавливание, X_2 – водопаропроницаемость, X_3 – стойкость к растрескиванию при низких температурах, X_4 – коэффициент паропроницаемости, X_5 – устойчивость окраски к стирке, X_6 – устойчивость окраски к трению, X_7 – воздухопроницаемость, X_8 – масса 1 м², X_9 – разрывная нагрузка и разрывное удлинение, X_{10} – жесткость, X_{11} – прочность связи полимерного покрытия с основой, X_{12} – устойчивость к многократному изгибу, X_{13} – сопротивление раздиранию, X_{14} – водоупорность, X_{15} – величина прогиба от многократного растяжения [10...12]. На рис. 3 представлено распределение значимости показателей качества экокожи одежного назначения.

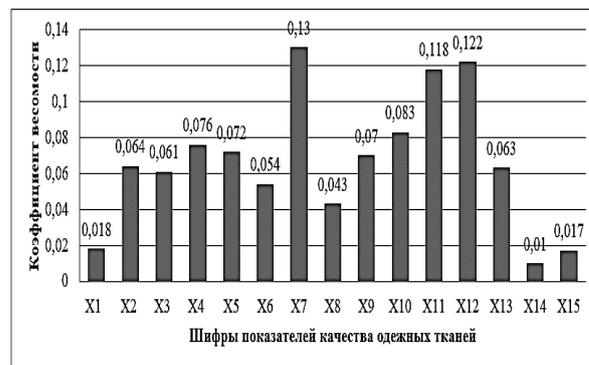


Рис. 3

Для оценки согласованности мнений экспертов определялся коэффициент конкордации W , который составил 0,86. Оценка значимости коэффициента W с помощью критерия Пирсона показала, что коэффициент конкордации значим с вероятностью не менее 0,99. Анализ результатов экспертной оценки позволил установить наиболее значимые показатели качества для экокожи с PU покрытием одежного назначения. К их числу относятся показатели с шифрами: X_4 , X_5 , X_7 , X_9 , X_{10} , X_{11} , X_{12} . Как видно, для рассмотренной группы материалов эксперты прежде всего выбирают показатели, определяющие прочностные характеристики и эластичность материалов. Обобщив результаты, составили номенклатуру показателей качества.

Испытания по определению основных характеристик исследуемых тканей с PU покрытием проводились на основании разработанной номенклатуры показателей качества. Перед испытанием образцы вы-

держивали в климатических условиях по ГОСТ 10681 не менее 24 ч. В табл. 2 представлены результаты определения физико-механических свойств экокож с PU покрытием и методики испытаний.

Т а б л и ц а 2

Показатель	Значения показателей			Метод испытаний
	Образец №1	Образец №2	Образец №3	
Разрывная нагрузка Н, основа/уток	1213/759	1253/788	770/619	ГОСТ ISO 1421 (метод 1)
Разрывное удлинение, %, основа/уток	16.5/23.5	18/25.5	11.5/25.5	ГОСТ ISO 1421 (метод 1)
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с	38.7	43.9	64.7	ГОСТ 12088
Коэффициент паропроницаемости, мг/см ² ·ч	15.0	14.0	13.4	Метод "стаканчики"
Устойчивость окраски к стирке, балл	5	5	5	ГОСТ 9733.4
Жесткость, мкН·см ² , основа/уток	9393/14674	22940/38456	70999/58659	ГОСТ 10550-93 (консольный метод)
Прочность связи пленочного покрытия с основой, даН/см	–	–	–	ГОСТ 17317
Устойчивость к многократному изгибу, число изгибов	15000	15000	15000	ГОСТ ISO 5402-1

Для исследования паропроницаемости материалов выбран гравиметрический метод, реализованный с помощью испытательного комплекта "Sampler 2000", прилагающегося к анализатору влажности "Radwag" М-50 [13], [14]. Коэффициент паропроницаемости определяли расчетным методом как отношение массы водяных паров, прошедших через пробу материала, к площади образца материала и времени испытания (традиционный метод "стаканчики"). Для определения устойчивости окраски исследуемых тканей с полиуретановым покрытием к стирке использовали режим "Стирка 1" с применением мыла олеинового текстильного 0,005 г/см³ при температуре 40 °С в течение 30 минут. Многоциклового изгиб образцов выполнялся с помощью флексометра ИПК-2М, установленного в климатической камере УТН-408-40-1Р. При определении прочности связи пленочного покрытия с основой в соответствии с ГОСТ 17317-88, если пробы не поддаются расслаиванию, испытание не проводят и в протоколе испытания следует указать: "Материал не расслаивается".

Результаты и обсуждение

Текстильные изделия с покрытием, такие, как экокожа, приобретают свойства материалов, из которых они изготовлены. Прочность ткани с покрытием является прежде всего функцией характеристики "усилие-удлинение" отдельных нитей. Несмотря на одинаковую плотность нитей основы и утка, характеристики ткани в двух взаимно перпендикулярных направлениях различны. Это вызвано различной степенью искривления нитей основы и утка в системе переплетения ткани в связи с их неодинаковым натяжением как в ткацком процессе, так и в процессе нанесения покрытия. Таким образом, обработанная ткань характеризуется различием удлинений в направлениях основы и утка. Те же технологические причины обуславливают и анизотропию прочности ткани: уточные нити при растяжении испытывают более значительные поперечные усилия, что несколько снижает их эффективную прочность по сравнению с нитями основы.

Более высокая прочность на разрыв достигается за счет обеспечения некоторой подвижности волокон и нитей внутри

структуры. Когда покрытие наносится поверх ткани, степень возможной подвижности внутри структуры почти всегда снижается. В результате PU покрытие снижает прочность тканей на разрыв.

По справочным данным, в большинстве случаев воздухопроницаемость кожи с лицевым покрытием находится в пределах 10-100 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$. Вышие ее значения присущи козам с белковыми покрытиями, низкие – в равной мере козам с нитроцеллюлозными и акриловыми покрытиями. Существуют кожи с лицевым покрытием, совершенно не пропускающие воздух. По результатам исследований установлено, что воздухопроницаемость опытных образцов находится в числовом диапазоне для кож с покрытием, что говорит о достаточно хорошей воздухопроницаемости исследуемой экокожи. Образец №3 обладает лучшей воздухопроницаемостью, что соответствует требованиям технического регламента ТР ТС 017. Данное явление обусловлено более рыхлой структурой образца.

На рис. 4 представлены кинетические кривые паропрооницаемости исследуемых экокож с PU покрытием.

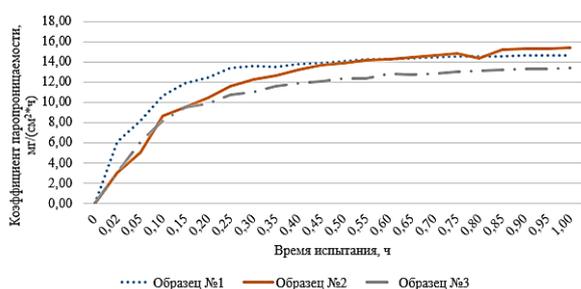


Рис. 4

Анализируя полученные графики (рис. 4), можно сделать вывод, что с увеличением толщины и плотности ткани (большая толщина полимерного покрытия) происходит снижение паропрооницаемости всего материала. В первый период испытания (20 минут) наблюдается повышение коэффициента паропрооницаемости, что свидетельствует об интенсивном заполнении пористой структуры материала парами влаги. В последующий промежуток време-

ни увеличение показателей коэффициента паропрооницаемости происходит менее динамично, а различия в показателях коэффициента паропрооницаемости разных образцов менее выражены. Дать оценку полученным результатам исследования затруднительно, так как невозможно провести объективные сравнения паровыводящих свойств разных материалов ввиду отсутствия общепринятой методики определения показателей паропрооницаемости [13], [14]. Паропрооницаемость для разных кож составляет от 0,5 до 11,6 $\text{мг}\cdot\text{см}^2/\text{ч}$. Например, паропрооницаемость хромовых кож без покрытий достигает 7-11,6 $\text{мг}\cdot\text{см}^2/\text{ч}$, лаковых кож – 1,1 $\text{мг}\cdot\text{см}^2/\text{ч}$. Анализируя данные табл. 2, отметим, что опытные образцы с PU покрытием обладают лучшей паропрооницаемостью, чем, например, лаковые и хромовые кожи с покрытием, что дает преимущество исследуемому материалу перед некоторыми видами кож.

Согласно данным табл. 2 ткани с полиуретановым покрытием устойчивы к воздействию стирок, окраска не изменила оттенка для всех исследуемых образцов. Жесткость экокож с PU покрытием зависит от толщины полимерного покрытия. У образца №1, имеющего наименьшую толщину, наблюдается минимальная жесткость, а у образца №3, имеющего наибольшую толщину, – большая жесткость.

При определении прочности связи пленочного покрытия с основой для облегчения расслаивания пробу на несколько миллиметров с края погружали в растворитель, ослабляющий прочность связи между слоями. Так как пробы не поддаются расслаиванию, делаем заключение, что материал не расслаивается.

При определении устойчивости к многократному изгибу образцы контролировали после воздействия 500, 1000, 5000, 10000, 15000 циклов. По результатам исследования выявлено, что образцы с полиуретановым покрытием хорошо выдерживают многократный изгиб в нормальных условиях.

На основании разработанной номенклатуры показателей качества и информации о физико-механических свойствах тканей с PU покрытием, полученной в ходе данного исследования, составлен проект технических условий "Ткани одежные с полиуретановым покрытием".

В разделе "Технические требования" устанавливаются обязательные показатели продукции и их нормируемые значения, которым должна соответствовать продукция, представленная в ТУ (табл. 3 – физико-механические показатели тканей с покрытием одежного назначения).

Т а б л и ц а 3

Наименование показателя	Значение показателя	Методы испытаний
Жесткость, мкН·см ² , не более: в продольном направлении в поперечном направлении	25000 20000	ГОСТ 10550-93
Разрывная нагрузка, даН, не менее: в продольном направлении в поперечном направлении	15,0 10,0	ГОСТ 3813-72
Прочность связи пленочного покрытия с основой, даН/см (кгс/см), не менее	0,3	ГОСТ 17317-88
Устойчивость к многократному изгибу, число изгибов, не менее	3000	ГОСТ 13868-74

На сегодняшний день требования безопасности текстильной продукции должны соответствовать ТР ТС 017/2011. Здесь отмечается, что текстильные материалы характеризуются показателями биологиче-

ской и химической безопасности. В связи с этим данные пункты отражены в ТУ (табл. 4 – нормы биологических показателей тканей с покрытием одежного назначения).

Т а б л и ц а 4

Наименование показателя	Значение показателя	Методы испытаний
Воздухопроницаемость, дм ³ /(м ² ·с), не менее	20	ГОСТ 12088-77
Устойчивость окраски к стирке, балл, не менее	3	ГОСТ 9733.4-83
Устойчивость окраски к сухому трению, балл, не менее	3	ГОСТ 9733.27-83
Уровень напряженности электростатического поля на поверхности материалов, кВ/м, не более	15	СанПиН 9-29.7-95
Интенсивность запаха продукции в естественных условиях, балл, не более	2	Инструкция №1.1.10-1296

Под биологической безопасностью подразумевается состояние продукции, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда здоровью или угрозой жизни потребителя.

На сегодняшний день проект технических условий "Ткани одежные с полиуретановым покрытием" согласован с производителем продукции и подлежит государственной регистрации.

В Ы В О Д Ы

Проведенный анализ научной документации выявил, что в настоящее время отсутствуют национальные стандарты, рас-

пространяющиеся на ткани с полиуретановым покрытием одежного назначения, а существующие межгосударственные стандарты содержат устаревшую и недостаточную для современных экокож номенклатуру показателей качества.

В результате опроса специалистов предприятий легкой промышленности разработана номенклатура показателей качества и определены наиболее значимые из них для материалов одежного назначения. Оценка качества нового материала по всему предложенному перечню даст полное представление о качественных характеристиках экокожи.

Исследованы физико-механические и гигиенические показатели инновационных экокож белорусского производства. Доказано, что ткани с PU покрытием, производимые по современной технологии, приближены по свойствам к натуральным козам, не уступают по качеству зарубежным аналогам и успешно заменяют кожи натурального происхождения при изготовлении изделий легкой промышленности. По результатам исследований разработан проект технических условий "Ткани одежные с полиуретановым покрытием", который позволит производить контроль выпускаемой продукции и обеспечит возможность оценить соответствие отечественных экокож передовым зарубежным аналогам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Композиционные текстильные материалы. Витебск: ВГТУ, 2015.
2. Бузов Б.А., Румянцев Г.П. Материалы для одежды. Ткани. М.: ФОРУМ, 2012.
3. Бекашева А.С. Характеристики и свойства экокожи – материала, имитирующего натуральную кожу // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №16. С.134...136.
4. Вишневецкая О.В. Современные методы нанесения покрытия на текстиль // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №18. С. 69...72.
5. Chen Y., Lloyd D.W. Mechanical Characteristics of Coated Fabrics // Journal of the Textile Institute. 1995. №86. P. 690...700.
6. Bridgens B.N., Gosling P.D. NURBS representation of coated woven fabric behaviour // Conference Proceedings of the sixth conference on Computational structures technology. 2002. P. 219...221.
7. ГОСТ 28461-90. Кожа искусственная одежная. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2005.
8. ГОСТ Р 56621-2015. Кожа искусственная одежная. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016.
9. ТР ТС 017/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности продукции легкой промышленности. Принят решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 876 // Справочная правовая система "КонсультантПлюс". Дата обращения 04.01.2023.
10. Панкевич Д.К. Оценка эксплуатационных свойств композиционных слоистых текстильных материалов для водозащитной одежды: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01. Витебск: ВГТУ, 2017.

11. Vesna M.P.M., Zenun S. Mechanical Properties of Polyurethane Coated Knitted Fabrics // Fibres and Textiles in Eastern Europ. 2013. №100 (4). P.86...91.
12. Zhang Y., Zhang Q. Mechanical properties of polyvinylchloride-coated fabrics processed with Pre-contraint (R) technology // Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2021. №31 (23). P. 1670...1684.
13. Панкевич Д.К., Лобацкая Е.М. Исследование паропроницаемости водозащитных композиционных слоистых материалов // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности. Витебск: ВГТУ, 2015. С. 79...81.
14. Дрозд М.И., Марцинкевич Т.Ф., Михалко М.Н. Оценка паропроницаемости трикотажных бельевых полотен // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2012. № 23 (2). С. 34.

REFERENCES

1. Yasinskaya N.N., Olshansky V.I., Kogan A.G. Composite textile materials. Vitebsk: VSTU, 2015.
2. Buzov B.A., Rummyantsev G.P. Materials for clothing. Fabrics. M.: FORUM, 2012.
3. Bekasheva A.S. Characteristics and properties of eco-leather – a material imitating natural leather // Bulletin of the Kazan Technological University. 2015. №16. P.134...136.
4. Vishnevskaya O.V. Modern methods of coating on textiles // Bulletin of Kazan Technological University. 2016. №18. P.69...72.
5. Chen Y., Lloyd D.W. Mechanical Characteristics of Coated Fabrics // Journal of the Textile Institute. 1995. №86. P. 690...700.
6. Bridgens B.N., Gosling P.D. NURBS representation of coated woven fabric behaviour // Conference Proceedings of the sixth conference on Computational structures technology. 2002. P. 219...221.
7. GOST 28461-90. Artificial leather clothing. General technical conditions. M.: Standartinform, 2005.
8. GOST R 56621-2015. Artificial clothing leather. General technical conditions. M.: Standartinform, 2016.
9. TR CU 017/2011. Technical regulations of the Customs Union. On the safety of light industry products, adopted by the decision of the Customs Union Commission dated 09.12.2011 №876. The legal system "ConsultantPlus". Yes-the date of the appeal 04.01.2023.
10. Pankevich D.K. Evaluation of the operational properties of composite layered textile materials for waterproof clothing: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.19.01. Vitebsk: VSTU, 2017.
11. Vesna M.P.M., Zenun S. Mechanical Properties of Polyurethane Coated Knitted Fabrics // Fibers and Textiles in Eastern Europ. 2013. №100 (4). P. 86...91.
12. Zhang Y., Zhang Q. Mechanical properties of polyvinyl chloride-coated fabrics processed with Pre-contraint (R) technology // Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2021. №31 (23). P. 1670...1684.

13. Pankevich D.K., Lobatskaya E.M. Investigation of vapor permeability of waterproof composite layered materials // New in engineering and technology in textile and light industry. Vitebsk: VSTU, 2015. P. 79...81.

14. Drozd M.I., Martsinkevich T.F., Mikhalko M.N. Evaluation of vapor permeability of knitted linen

cloths // Bulletin of the Vitebsk State Technological University. 2012. No. 23 (2). P. 34.

Рекомендована кафедрой экологии и химических технологий ВГТУ. Поступила 27.02.23.

УДК 667.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_111

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

INVESTIGATION OF RELIABILITY CHARACTERISTICS OF COTTON YARN FROM SECONDARY RAW MATERIALS

С.В. ПЛЕХАНОВА¹, Н.А. ВИНОГРАДОВА²

S.V. PLEKHANOVA¹, N.A. VINOGRADOVA²

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

²Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ))

(¹The Kosygin State University of Russia,

² Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU))

E-mail: plekhanova-sv@rguk.ru

В статье приведены результаты сравнительных испытаний полуцикловых неразрывных характеристик и характеристик надежности хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья линейной плотности 29 текс, выработанной по кардной системе прядения пневмомеханическим способом, с показателями качества пряжи из стандартной сортировки средневолокнистого хлопка. По результатам исследования полуцикловых неразрывных характеристик можно отметить рост нагрузки при увеличении фиксированного удлинения и рост удлинения при увеличении фиксируемой нагрузки. Пряжа стандартной сортировки имеет меньшую вероятность обрывов и интенсивность отказов по всему диапазону задаваемых нагрузок и деформаций для всех зажимных длин. Анализ фактических и теоретических данных по обрывности пряжи установил возможность прогнозирования поведения пряжи при растяжении по неразрывным полуцикловым характеристикам, как наиболее приближенным к реальным условиям процессов переработки и эксплуатации.

The article presents the results of comparative tests of semi-cycle continuous characteristics and reliability characteristics of cotton yarn from secondary raw materials with a linear density of 29 tex, developed using a cardan spinning system by pneumomechanical method, with quality indicators of yarn from standard sorting of medium-fiber cotton. According to the results of the study of semi-cycle continuous characteristics, it is possible to note an increase in load with an increase in fixed elongation and an increase in elongation with an increase in fixed load. Yarn

of standard sorting has a lower probability of breakage and failure rate over the entire range of specified loads and deformations for all clamping lengths. The analysis of actual and theoretical data on yarn breakage has established the possibility of predicting the behavior of yarn during stretching by continuous semi-cycle characteristics, as the closest to the real conditions of processing and operation processes.

Ключевые слова: хлопчатобумажная пряжа, вторичное сырье, полуцикловые неразрывные характеристики, надежность, поведение пряжи.

Keywords: cotton yarn, secondary raw materials, semi-cycle continuous characteristics, reliability, yarn behavior.

В хлопчатобумажной отрасли все более актуальной становится задача рационального использования сырья, применения вторичного сырья [1], [2].

Разработана технология выработки хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья [3] по кардной системе прядения пневмомеханическим способом. Новая технология изготовления пряжи предполагает ее всестороннее исследование [4]. Актуальным является вопрос изучения поведения пряжи в технологических процессах переработки и эксплуатации на базе неразрывных полуцикловых характеристик и характеристик надежности [5], [6].

Целью работы являлось всестороннее исследование характеристик надежности хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья хлопчатобумажного производства.

В качестве объекта исследования выбрана хлопчатобумажная пряжа линейной плотности 29 текс, изготовленная из отходов хлопчатобумажного производства по ГОСТ 5159 с использованием технологии, изложенной в работе [3]. Пряжа из отходов получена из сортировки хлопчатобумажных отходов – стандарт № 3, 7 и 11 в процентном соотношении 54:26:20. Прием обозначение этой пряжи – ПО.

Общая методика работы включала получение неразрывных полуцикловых характеристик прочности ПО, нахождение характеристик надежности по прочности, анализ данных по обрывности исследуемой пряжи [7, 8]. Для сравнения аналогичные исследования проводились для хлоп-

чатобумажной пряжи той же линейной плотности стандартной смеси по ОСТ 17-96-86. Обозначим эту пряжу ПС.

Всестороннее исследование характеристик прочности хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья хлопчатобумажного производства было проведено в работе [9].

В данной работе исследовались неразрывные полуцикловые характеристики, которые больше отвечают реальным условиям переработки нитей, когда испытываемые ими нагрузки и деформации меньше разрывных.

Проведены испытания для каждого задаваемого уровня нагрузки и удлинения при изменении условий проведения эксперимента (зажимная длина $L_{\text{зак}} = 100, 300$ и 500 мм). Для каждой зажимной длины испытания проводились по трем различным задаваемым нагрузкам и деформациям, выбираемым в зависимости от значения среднего выборочного для каждой зажимной длины. В ходе испытаний фиксировалась нагрузка нити по достижении заданного значения деформации или удлинение нити по достижении заданного значения нагрузки, которую нить выдерживает не разрушаясь. Отмечалось количество обрывов.

В результате проведенных испытаний получены следующие данные: сводные выборочные характеристики неразрывного удлинения при фиксированной нагрузке (табл. 1) и сводные выборочные характеристики неразрывной нагрузки пряжи при фиксированном удлинении (табл. 2).

Таблица 1

Сводные характеристики	ПС			ПО		
Зажимная длина $L_{\text{зж}} = 100$ мм						
Нагрузка, сН	280	330	380	280	330	380
n	96	75	36	79	17	-
ε , %	$7,0 \pm 0,1$	$8,4 \pm 0,4$	$9,6 \pm 0,8$	$4,5 \pm 0,2$	$5,7 \pm 0,2$	-
σ , %	0,6	1,2	1,2	0,8	1,0	-
C, %	8,0	13,7	11,9	17,8	17,5	-
as	0,018	0,270	-0,746	-0,041	0,404	-
ex	0,070	-0,270	-0,276	-0,560	-0,240	-
Зажимная длина $L_{\text{зж}} = 300$ мм						
Нагрузка, сН	270	320	370	270	320	370
n	100	77	37	80	24	-
ε , %	$7,4 \pm 0,1$	$8,5 \pm 0,1$	$9,7 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,1$	-
σ , %	0,3	0,4	0,2	0,4	0,5	-
C, %	3,6	5,0	2,0	10,3	11,3	-
as	-0,012	0,530	0,003	-0,042	0,268	-
ex	0,488	0,178	-0,001	-0,360	-0,700	-
Зажимная длина $L_{\text{зж}} = 500$ мм						
Нагрузка, сН	250	300	350	250	300	350
n	97	68	32	59	21	5
ε , %	$5,7 \pm 0,1$	$6,5 \pm 0,1$	$7,0 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,1$
σ , %	0,3	0,5	0,2	0,4	0,4	0,4
C, %	5,0	7,0	3,0	9,2	8,7	7,7
as	-0,544	-0,482	-0,285	0,042	0,119	0,217
ex	-0,015	-0,257	-0,480	-0,410	0,544	-0,621

Таблица 2

Сводные характеристики	ПС			ПО		
Зажимная длина $L_{\text{зж}} = 100$ мм						
Удлинение, %	7,6	8,6	9,6	7,6	8,6	9,6
n	95	78	37	62	21	1
P, сН	301 ± 2	374 ± 11	420 ± 10	280 ± 4	301 ± 4	320
σ , %	9,1	33,2	32,8	17,6	16,1	-
C, %	3,0	8,9	7,8	6,3	5,4	-
as	0,234	0,056	0,111	-0,156	0	-
ex	-0,311	-0,542	-0,083	-0,012	-0,074	-
Зажимная длина $L_{\text{зж}} = 300$ мм						
Удлинение, %	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
n	96	78	21	58	10	-
P, сН	307 ± 4	357 ± 11	412 ± 10	273 ± 4	296 ± 4	-
σ , %	17,7	33,3	35,4	18,9	16,6	-
C, %	5,8	9,3	8,6	6,9	5,6	-
as	0,102	-0,886	-0,220	0,163	-0,087	-
ex	-0,616	-0,551	-0,640	0,100	0,101	-
Зажимная длина $L_{\text{зж}} = 500$ мм						
Удлинение, %	5,0	6,0	7,0	5,0	6,0	7,0
n	99	82	23	80	19	1
P, сН	260 ± 3	311 ± 11	383 ± 6	247 ± 4	266 ± 5	290
σ , %	13,7	37,6	12,0	18,8	22,1	-
C, %	5,2	12,1	3,1	7,6	8,3	-
as	-0,474	-0,373	0,307	-0,494	-0,107	-
ex	0,892	-0,442	-0,066	0,110	-0,123	-

По полученным результатам можно отметить рост нагрузки при увеличении фиксированного удлинения и рост удлине-

ния при увеличении фиксируемой нагрузки. Темп роста нагрузки в среднем составляет для ПС 0,28, для ПО 0,12. Темп роста

удлинения в среднем составляет для ПС 0,23, для ПО 0,18.

В ходе последовательной оценки (по величине асимметрии и эксцесса, с использованием коэффициента вариации, с помощью метода вероятностных бумаг, по критерию Пирсона) выявлено, что неразрывные полуцикловые характеристики прочности ПС и ПО подчиняются нормальному закону распределения.

В некоторых случаях мало изучить характеристики прочности, необходимо владеть дополнительной информацией для возможности прогнозирования обрывности пряжи в ткачестве или при эксплуатации. Этим занимается теория надежности, учитывающая вероятность возникновения того или иного события. Использование теории надежности позволяет прогнозировать поведение исследуемой пряжи, что дает возможность регулировать процесс ткачества [4].

При лабораторных испытаниях механических свойств текстильных материалов оценка надежности сводится к определению вероятностных характеристик достижения ими определенных состояний [10]. Если испытание связано с разрушением образца, то оценивается вероятность наступления такого события для заданной нагрузки или деформации.

В работе определялись следующие характеристики надежности: вероятность отказов, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов [4].

Для нормального закона распределения:

- вероятность отказов

$$F(x) = F_0 \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right), \quad (1)$$

- вероятность безотказной работы

$$P(x) = 1 - F(x), \quad (2)$$

- интенсивность отказов

$$\lambda(x) = \frac{1}{\sigma_x} f_1 \left(\frac{\bar{x} - x}{\sigma_x} \right), \quad (3)$$

где F_0 – функция нормированного и центрированного нормального закона, находится по специальным таблицам; x – выбранное значение нагрузки или деформации; \bar{x} и σ_x – среднее и среднеквадратическое значения характеристик прочности; f_1 – функция, значение которой берется по специальным таблицам.

Вероятность отказа в нашем случае означает вероятность обрыва пряжи при определенных значениях нагрузки или деформации.

В табл. 3 приведены результаты расчетов характеристик надежности пряжи линейной плотности 29 текс стандартной сортировки и из отходов хлопкопрядильного производства при зажимной длине $L_{зж} = 500$ мм при фиксированной нагрузке (по данным работы [9]).

Т а б л и ц а 3

Нагрузка, сН	Вероятность отказов F(P)		Вероятность безотказной работы P(P)		Интенсивность отказов $\lambda(P)$	
	ПС	ПО	ПС	ПО	ПС	ПО
400	0,958	0,9 ³⁷	0,042	0,0 ³³	0,048	0,094
390	0,934	0,9 ³³	0,066	0,0 ³⁷	0,043	0,088
380	0,917	0,999	0,083	0,001	0,038	0,082
370	0,856	0,997	0,144	0,003	0,034	0,076
360	0,800	0,994	0,200	0,006	0,030	0,071
350	0,732	0,986	0,268	0,014	0,027	0,065
340	0,655	0,977	0,345	0,023	0,022	0,060
330	0,570	0,955	0,430	0,045	0,018	0,051
320	0,481	0,933	0,519	0,067	0,016	0,049
310	0,394	0,903	0,606	0,097	0,014	0,043
300	0,312	0,841	0,688	0,159	0,011	0,038

290	0,238	0,766	0,762	0,234	0,009	0,033
280	0,175	0,682	0,825	0,318	0,006	0,029
270	0,124	0,590	0,876	0,410	0,004	0,024
260	0,084	0,490	0,916	0,510	0,004	0,020
250	0,054	0,382	0,946	0,618	0,003	0,016
240	0,034	0,300	0,966	0,700	0,002	0,013
230	0,021	0,212	0,979	0,788	0,001	0,010
220	0,012	0,159	0,988	0,841	0,001	0,007

Данные, приведенные в табл. 3, позволяют провести сравнительную оценку ПС и ПО по характеристикам надежности при фиксированной нагрузке в различном диапазоне нагрузок. Например, при нагрузке 300 сН вероятность отказов ПС в 2,70 раза меньше, чем ПО; надежность по прочности ПС в 4,33 раза выше, чем ПО; интенсивность отказов ПС в 3,45 раза меньше, чем ПО. Такая информация значительно расширяет возможность оценки показателей механических свойств пряжи. Эти данные могут использоваться при выборе режимов переработки.

Аналогичные расчеты были проведены для $L_{\text{зак}}=300$ и 100 мм при фиксированной нагрузке и фиксированном удлинении для ПС и ПО.

Сравнивая между собой два вида исследуемой пряжи, можно отметить, что ПС имеет меньшую вероятность обрывов и интенсивность отказов по всему диапазону задаваемых нагрузок и деформаций для всех зажимных длин.

Располагая информацией о реальном поведении пряжи в процессе нагружения (данные по результатам исследования неразрывных характеристик – количество обрывов пряжи при заданной нагрузке и заданном удлинении), провели ее аналогию с теоретическими расчетами характеристик надежности (вероятность отказов (обрывов) пряжи при фиксированной нагрузке и фиксированном удлинении).

Фактические (QФ) и теоретические (QT) данные по обрывности ПС и ПО линейной плотности 29 текс представлены в таблицах: при фиксированной нагрузке (табл. 4) и при фиксированной деформации (табл. 5).

Таблица 4

$L_{\text{зак}}$, мм	P – const, сН	ПС		ПО	
		QT	QФ	QT	QФ
100	280	3	4	27	21
	330	24	25	81	83
	380	66	64	99	100
300	270	2	0	24	20
	320	21	23	75	76
	370	66	63	98	100
500	250	5	3	38	41
	300	31	32	84	82
	350	73	71	99	95

Таблица 5

$L_{\text{зак}}$, мм	ε – const, %	ПС		ПО	
		QT	QФ	QT	QФ
100	7,6	4	5	42	38
	8,6	26	22	82	79
	9,6	66	63	98	99
300	7,0	1	4	44	42
	8,0	24	21	92	90
	9,0	76	79	100	100
500	5,0	0	1	21	20
	6,0	16	18	79	81
	7,0	76	77	99	99

Данные табл. 4 и табл. 5 отражают возможность использования характеристик надежности для прогнозирования обрывности. Сопоставив результаты, полученные при нахождении разрывных и неразрывных характеристик прочности пряжи при зажимной длине $L_{\text{зак}}=100, 300$ и 500 мм, получаем следующее. Реальные данные QФ незначительно отличаются от теоретических расчетов QT. Вероятность разницы средних, рассчитанная с помощью критерия Стьюдента для доверительной вероятности $p=0,95$, не достоверна. В связи с этим представляется возможным прогнозирование поведения пряжи при растяжении по неразрывным полуцикловым характеристикам, как наиболее при-

ближенным к реальным условиям процессов переработки и эксплуатации.

ВЫВОДЫ

В работе исследовались неразрывные полуцикловые характеристики, которые больше отвечают реальным условиям переработки нитей, когда испытываемые ими нагрузки и деформации меньше разрывных. По полученным результатам можно отметить рост нагрузки при увеличении фиксированного удлинения и рост удлинения при увеличении фиксируемой нагрузки. Темп роста нагрузки в среднем составляет для ПС 0,28, для ПО 0,12. Темп роста удлинения в среднем составляет для ПС 0,23, для ПО 0,18.

Исследованы вероятностные характеристики надежности механических свойств пряжи (пряжа ПС имеет меньшую вероятность обрывов и интенсивность отказов по всему диапазону задаваемых нагрузок для всех зажимных длин).

На основании анализа реальных данных и теоретических расчетов характеристик надежности возможно прогнозирование поведения пряжи при растяжении по неразрывным полуцикловым характеристикам, как наиболее приближенным к реальным условиям процессов переработки и эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю. Текстильное материаловедение перед технологическим рывком // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 1. С. 42...47.
2. Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю. Материаловедение: традиции, достижения, перспективы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. №4. С. 31...36.
3. Плеханов А.Ф. Безотходная технология в пневмопрядении. М.: Легпромбытиздат, 1994.
4. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. М.: Легкая и пищевая промышленности, 1984.
5. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1974.
6. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Оценка, контроль и управление качеством текстильных матери-

алов / под общей ред. С.М. Кирюхина. СПб.: Лань, 2022.

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

8. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М., Давыдов А.Ф. и др. Текстильное материаловедение. М.: ИНФРА-М, 2021.

9. Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Плеханов А.Ф., Виноградова Н.А. Исследование характеристик прочности хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3. С. 123...129.

10. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Экспертные методы при оценке качества тканей // Дизайн и технологии. 2019. № 71. С. 63...70.

REFERENCES

1. Gusev B.N., Matrokhin A.Yu. Textile materials science before the technological breakthrough // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. 2016. №1. P. 42...47.
2. Gusev B.N., Matrokhin A.Yu. Material science: traditions, achievements, prospects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. 2018. №4. P. 31...36.
3. Plekhanov A.F. Waste-free technology in pneumatic spinning. M.: Legprombytizdat, 1994.
4. Soloviev A.N., Kiryukhin S.M. Assessment and forecasting of the quality of textile materials. M.: Light and food industry, 1984.
5. Soloviev A.N., Kiryukhin S.M. Quality assessment and standardization of textile materials. M.: Light industry, 1974.
6. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V. Assessment, control and quality management of textile materials: a textbook for universities / under the general editorship of S.M. Kiryukhin. St. Petersburg: Lan, 2022. 432 p.
7. Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S. Textile materials science. M.: KolosS, 2011.
8. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M., Davydov A.F. et al. Textile materials science: laboratory workshop. M.: INFRA-M, 2021.
9. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V., Plekhanov A.F., Vinogradova N.A. Investigation of the strength characteristics of cotton yarn from secondary raw materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. 2022. №3. P. 123...129.
10. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V. Expert methods in assessing the quality of fabrics // Design and technology. 2019, №71. P. 63...70.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 03.03.23.

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЗАЖИМА ПУЧКА
ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИХ РАЗРЫВНОГО УСИЛИЯ
ПО СТАНДАРТНОМУ МЕТОДУ ИСПЫТАНИЯ***

**JUSTIFICATION OF RATIONAL CONDITIONS FOR SAMPLE CLAMPING BAST
FIBERS DURING STANDARDIZED TENSILE STRENGTH TESTING**

С.Н. РАЗИН¹, Е.Л. ПАШИН¹, А.В. ОРЛОВ², А.С. ОБЧАРЕНКО¹

S.N. RAZIN¹, E.L. PASHIN¹, A.V. ORLOV², A.S. OVCHARENKO¹

(¹Костромская государственная сельскохозяйственная академия,

²Костромской государственной университет)

(¹Kostroma State Agricultural Academy,

²Kostroma State University)

E-mail: razin1954@list.ru

По результатам исследования установлено, что при определении разрывного усилия льняного волокна в виде пучка прядей при оценке его качества с использованием разрывной машины РМП-1 необходима замена зажимов волокна. Улиточные зажимы предложено заменить на тисковые с рифлеными губками. Кроме этого необходим предварительный натяг волокон в пучке для обеспечения равенства их последующих натяжений. Однако в этом случае процесс закрепления волокон сопровождается ростом натяжения волокон в межзажимной зоне. Величина натяжения зависит от количества выступов на губках, глубины захождения их друг относительно друга, шага рифлей и коэффициента трения волокна о поверхность губок. Формируемое натяжение в межзажимной зоне может возрасти более чем в 1000 раз по отношению к силе преднапряга T_0 . При таких условиях вероятность разрушения отдельных волокнистых прядей в пучке может достигать 30 %, что снижает точность определения разрывного усилия волокна. С целью исключения повреждений волокон и одновременно надежного их закрепления в зажимах на основном этапе испытания предложен улучшенный вариант конструкции зажима, предусматривающий сближение плоскостей зажимных губок под углом друг к другу. Это обеспечивает надежный зажим и существенно снижает вероятность разрыва отдельных волокнистых комплексов перед основным этапом одноосного разрыва.

During tensile strength testing of flax fiber using testing machine RMP-1 it has been determined that default 'snail' clamps used to hold the sample perform unsatisfactorily. Authors suggest using corrugated vise clamps instead. Additionally, pre-tension to equalize the tension in different parts of the sample is needed. However, in this case the clamping process increases pre-tension. While the exact amount depends on the configuration of the clamp parts, the tension can increase by two to three orders of magnitude. There is an up to 30% chance that the sample will be partially destroyed, which will result in measurement error. To prevent this

*Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 23-26-00147).

while still maintaining a solid hold on the sample, authors suggest moving the clamp halves at an angle to each other during the clamping process. This allows secure clamping while reducing the chances of damaging the sample before the actual test.

Ключевые слова: разрыв, пучок волокон, тисковый зажим, усилие, вероятность разрыва, рифли, захождение, наклон, зажимные губки.

Keywords: tearing, fiber sample, clamp vise, force, probability, corrugated clamp, overlap, inclination.

При изучении методов определения разрывного усилия лубяных волокон в виде проб, состоящих из непараллелизованных волокнистых комплексов по действующим стандартам [1, 2], выявлена причина снижения точности измерения данной характеристики с применением разрывной машины РМП-1 [3]. Она связана с конструкцией зажимов, использование которых у части волокнистых комплексов пробы вызывает прослабления [3], что снижает коэффициент использования прочности волокон при испытании в виде пучка [4].

Для минимизации возникновения указанных прослаблений проведены испытания с использованием тисковых зажимов с рифлеными губками [5] при предварительном (перед сближением губок) выравнивании натяжений отдельных волокнистых комплексов в пучке путем их преднатяга усилием T_0 по способу [6] (рис. 1).

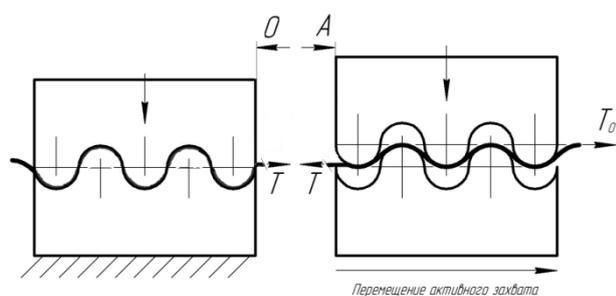


Рис. 1

При использовании предложенного способа зажима волокон были выявлены недостатки. При малом количестве рифлей наблюдалась недостаточная фиксация в зажиме всех волокон, составляющих пучок. Однако с увеличением числа рифлей выявлен рост натяжения волокон в межзажим-

ном пространстве О-А, приводящий к разрыву отдельных волокнистых комплексов.

Так сформировалась задача выявления рациональной конструкции зажима для обеспечения надежной фиксации волокон и исключения их опасных натяжений в межзажимном пространстве.

Исследуем особенности формирования растягивающих усилий пряди при параллельном сближении планок зажима в условиях наличия её преднатяга силой T_0 . Будем рассматривать ситуацию, когда в левом зажиме прядь надежно зафиксирована путем прижатия верхней планки к нижней. Поэтому все явления, связанные с формированием натяжений волокон, рассмотрим применительно к процессу сближения прижимных планок правого зажима.

Очевидно, что возникающие усилия натяжения волокон будут зависеть от количества выступов (рифлей) на каждой из планок, коэффициента трения пряди о выступы, силы натяжения ведомой ветви T_0 и глубины захождения выступов верхней планки в нижнюю. Глубина захождения будет определять величину угла обхвата прядью каждого выступа.

Если пренебречь изгибной жесткостью пряди, то силу натяжения в ведущей ветви можно определить по формуле Эйлера:

$$T = T_0 e^{f \sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad (1)$$

где T_0 – сила натяжения в ведомой ветви пряди; f – коэффициент трения скольжения пряди по выступу; φ_i – угол обхвата прядью выступа с номером i ; n – количество выступов, огибаемых прядью.

Определим зависимость суммарного угла обхвата ($\sum_1^n \varphi_i$) от глубины захождения h выступов верхней планки в нижнюю (рис. 2).

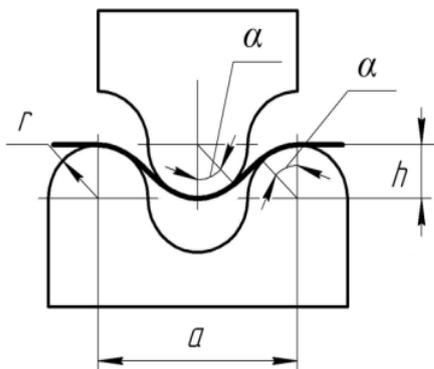


Рис. 2

Допустим, что прядь между точками касания с выступами имеет прямолинейную форму. Тогда при рассматриваемых условиях:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(2r + \Delta) \cos \alpha - (2r - h)}{0,5a - (2r + \Delta) \sin \alpha}, \quad (2)$$

где Δ – толщина пряди.

Приведя к общему знаменателю и сгруппировав общие члены, преобразуем (2), получив следующее уравнение:

$$0,5 \arcsin \alpha + (2r - h) \cos \alpha = 2r + \Delta. \quad (3)$$

Решение уравнения (3) имеет вид:

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{2r + \Delta}{\sqrt{(0,5a)^2 + (2r - h)^2}} \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{2(2r - h)}{a} \right) \quad (4)$$

Из схемы, представленной на рис. 3, следует, что угол обхвата внутренних выступов равен 2α , а у крайних – α . Суммарный угол обхвата для зажимного устройства с k выступами на верхней планке можно найти по формуле: $\sum_1^n \varphi_i = 4\alpha k$. Например, при варианте, представленном на рис. 3, число выступов на нижней планке – 4, на верхней – 3 (то есть $k = 3$). Тогда суммарный угол будет 12α .

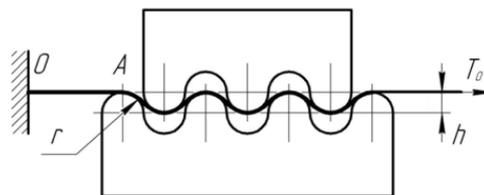


Рис. 3

Задачу по определению отношения силы натяжения пряди на участке ОА к силе натяжения T_0 решали с помощью программы Mathcad. Расчет проводили при следующих значениях параметров: коэффициент трения $f = 0,55$ [7]; шаг выступов $a = 8$ мм; радиус закругления вершины выступа $r = 2$ мм; глубина захождения h изменялась от 0 до $h_{\max} = H$. H – максимальная глубина захождения первого верхнего выступа, находится из условия равенства нулю длины прямолинейного участка между точками касания пряди с нижним и верхним выступами.

Тогда $H = 2r - \sqrt{(2r + \Delta)^2 - 0,25a^2}$, мм (примем $H = 2$ мм); толщина пряди $\Delta = 0,5$ мм.

Результаты представлены в виде графиков на рис. 4 для трех случаев, когда количество выступов k соответственно равно 2, 3, 4. По оси абсцисс отложена величина захождения – h в мм, а по оси ординат по логарифмической шкале – отношение силы натяжения T на участке ОА к силе натяжения в ведомой ветви T_0 .

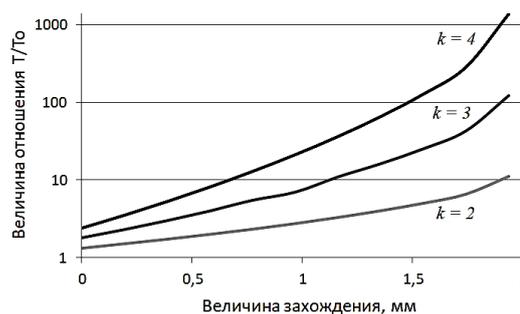


Рис. 4

Из анализа графических зависимостей следует, что сила натяжения T в межзажимной зоне О-А для зажима с 4 выступами на нижней планке будет более чем в 1300 раз больше силы натяжения T_0 . При

использовании трех или двух выступов на нижней планке величина этого отношения соответственно будет равна 123 и 11.

Снижение величины отношения T/T_0 при использовании малого количества выступов будет являться причиной плохой фиксации всех волокон в зажиме при растяжении. Однако количество выступов 4 и более приводит при полном захождении выступов при фактически формируемых значениях T_0 к разрыву отдельных волокнистых комплексов в межзажимной зоне О-А.

В подтверждение этого проведем приближенную оценку вероятности P возникновения таких разрывов с помощью модели разрушения конструкций, основанной на допущении распределения прочности и возникающих нагрузок в соответствии с законом нормального распределения [8]:

$$P = 0,5 - \Phi \left(\frac{PR_i - T_i}{\sqrt{D_{пр} - D_T}} \right), \quad (5)$$

где $\Phi(\dots)$ – функция Лапласа; PR_i – среднее разрывное усилие единичного волокнистого комплекса, составляющего пробу волокна; $D_{пр}$ – дисперсия разрывной прочности единичных комплексов; T_i – среднее значение натяжения единичного комплекса, равное T/n (n – кол-во волокнистых комплексов в пробе, определяемое отношением массы пробы M к массе единичного волокнистого комплекса m_i); D_T – дисперсия растягивающих усилий, действующих в расчете на один единичный комплекс.

На примере экспериментальных данных, полученных с использованием партий волокна с различным разрывным усилием и указанных в [9], оказалось возможным оценить изменение вероятности разрушения волокнистых комплексов в зоне А под действием возникающего при зажиме пробы максимального усилия T . При этом по результатам экспериментального определения величину T_0 приняли равной 0,4...0,7 Н. Изменение вероятности разрушения при различном количестве выступов на нижней планке проиллюстрировано в виде графических зависимостей на рис. 5.

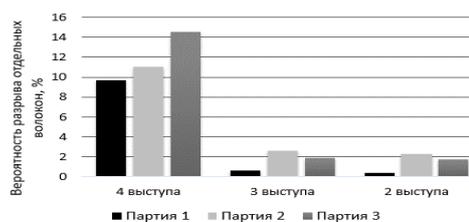


Рис. 5

Из анализа полученных зависимостей следует необходимость снижения натяжений волокон в зоне А в целях сохранения их целостности. При этом, как это отмечено выше, должен быть обеспечен надежный зажим всех волокон в момент возникновения максимального растягивающего усилия.

Отыскание необходимых условий зажима позволило предложить вариант, при котором перед зажатием пряжи верхняя или нижняя планка находится по отношению к противоположной планке под углом β . При такой схеме выступы верхней планки опускаются одновременно, но планка расположена под углом β к нижней, как показано на рис. 6.

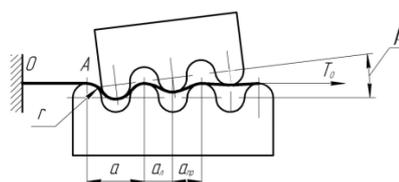


Рис. 6

В процессе сближения каждый из выступов верхней планки будет погружен в нижнюю на различную глубину. Разница по глубине будет зависеть от шага выступов и угла β . Глубина захождения верхних выступов в предельном случае, когда первый опустился на максимальную глубину H , определяется по формуле:

$$h_i = H - a \sin \beta(i - 1), \quad (6)$$

где i – номер выступа верхней планки, начиная с 1 ближайшего к участку ОА.

Как следует из (4), угол обхвата тем меньше, чем меньше глубина захождения. Таким образом, суммарный угол обхвата в

этот момент будет значительно меньше найденного в случае, когда планки, опускаясь, расположены параллельно друг другу. Разница суммарных углов обхвата будет тем существенней, чем больше будут величины α и β , а также количество выступов. Из рис. 4 следует, что в этом случае расстояния от нижней точки второго вы-

$$\begin{aligned} a_n &= a(\cos \beta - 0,5); \quad a_{np} = a(1,5 - \cos \beta); \\ a2_n &= \arcsin \left(\frac{2r + \Delta}{\sqrt{a_n^2 + (2r - h_2)^2}} \right) - \arctg \left(\frac{2r - h_2}{a_n} \right); \\ a2_{np} &= \arcsin \left(\frac{2r + \Delta}{\sqrt{a_{np}^2 + (2r - h_2)^2}} \right) - \arctg \left(\frac{2r - h_2}{a_{np}} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Аналогично находим углы обхвата для третьего выступа. При этом, если искомые углы оказываются отрицательные (это происходит, если высота погружения выступа меньше 0), то их принимаем равными 0. Суммарный угол обхвата для изображенного на рис. 4 случая находим по формуле:

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i = 4\alpha + 2(a2_n + a2_{np}) + 2(a3_n + a3_{np}). \quad (8)$$

Результаты расчета отношения сил натяжения T/T_0 на участке ОА в зависимости от угла наклона β и числа выступов на нижней планке представлены на рис. 7.

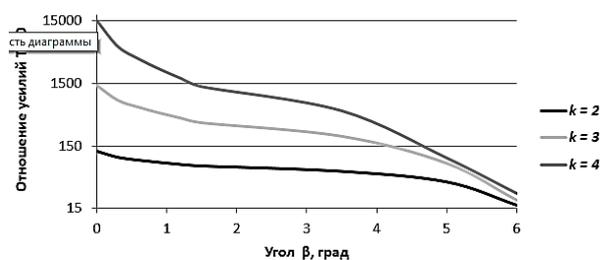


Рис. 7

Такое соотношение усилий T и T_0 возникает в момент, когда первый выступ опустится на предельную глубину и в этом положении останется неизменным. Тогда опускание следующих за ним выступов не приводит к движению пряжи по этому первому выступу. Однако последующее захождение остальных выступов будет (при неиз-

стуга верхней планки до осей симметрии выступов нижней планки будут различными. Это приведет к различию углов обхвата волокном этих выступов.

Эти параметры для второго выступа верхней планки найдем по системе формул:

менности натяжения волокон в зоне О-А) обеспечивать надежную фиксацию волокон в зажиме в условиях смещения ведомого конца пряжи, нагруженного усилием T_0 .

Результаты исследования и технические решения по улучшению конструкции зажимов пробы при определении разрывного усилия лубяного волокна в виде пучка использованы при создании новой разрывной машины [10], рекомендованной для практического применения как средство контроля по ГОСТ Р 53484-2022.

ВЫВОДЫ

1. При определении разрывного усилия льняного волокна в виде пучка пряжей для стандартной оценки его качества с использованием разрывной машины РМП-1 необходима замена зажимов волокна. Улиточные зажимы предложено заменить на тисковые с рифлеными губками. Кроме этого необходим предварительный натяг волокон в пучке для обеспечения равенства их последующих натяжений. Однако это требует обоснования условий зажима и количества выступов для обеспечения надежной фиксации волокон и исключения разрыва отдельных волокнистых комплексов перед основным этапом испытания путем одноосного растяжения.

2. Процесс закрепления волокон с применением тисковых зажимов с рифлеными губками при наличии преднатяга сопровождается ростом натяжения волокон в межзажимной зоне. Величина натяжения зависит от количества выступов на губках, глубины захождения их друг относительно друга, шага рифлей и коэффициента трения волокна о поверхность губок.

3. Формируемое натяжение в межзажимной зоне может возрастать более чем в 1000 раз по отношению к силе преднатяга

T_0 . При таких условиях вероятность разрушения отдельных волокнистых прядей в пучке может достигать 30 %, что снижает точность определения разрывного усилия волокна.

Для исключения повреждений волокон и одновременно надежного их закрепления в зажимах на основном этапе испытания предложен улучшенный вариант конструкции тискового зажима. При его использовании сближение плоскостей зажимных губок осуществляется под углом, а именно: перед зажатием пряди верхняя или нижняя планка находится по отношению к противоположной планке под углом β . При значении угла β более 6 градусов формируемое натяжение в зоне зажима возрастает при числе выступов от 2 до 4 на нижней планке не более чем в 20...30 раз по отношению к силе преднатяга T_0 . Это обеспечивает надежный зажим и снижает до минимума вероятность разрыва отдельных волокнистых комплексов перед основным этапом одноосного разрыва.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53484-2009. Лен трепаный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2010.
2. ГОСТ Р 56560-2015. Пенька трепаная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016.
3. Пашин Е.Л., Орлов А.В. Направления модернизации разрывной машины РМП-1 для стандартных испытаний льняного волокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5. С. 186...191.
4. Пашин Е.Л., Орлов А.В., Овчаренко А.С. Особенности процесса разрыва льняных волокон на машине РМП-1 по стандартному методу испытания // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2022. № 2 (56). С. 75...80.
5. Каталог оборудования фирмы ООО "ГОСТ": Оснастка и приспособления [Электронный ресурс] – URL: <https://gost-lab.ru/osnastka> (дата обращения 21.02.2023).
6. Патент РФ № 2780433. Способ определения разрывной нагрузки лубяного волокна при одноосном растяжении / авторы Пашин Е.Л., Орлов А.В.; патентообладатель Костромская ГСХА; опубл. 23.09.2022, Бюл. 27.
7. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. М.: Легпромбытиздат, 1989.
8. Болотин В.В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах конструкций. М.: Стройиздат, 1971.

9. Овчаренко А.С., Орлов А.В., Пашин Е.Л. Определение разрывных характеристик волокнистых комплексов трепаного льноволокна для моделирования процесса его разрыва на машине РМП-1 // Матер. 55-й междунар. науч.-практ. конф. Витебск: ВГТУ, 2022. Т. 2. С. 284...286.

10. Орлов А.В., Пашин Е.Л. Совершенствование систем квалиметрии лубоволокнистых материалов. Определение разрывных характеристик волокна. Кострома: КГУ, 2023.

REFERENCES

1. GOSTR 53484-2009. Scutched flax fibre. Specifications. M.: Standartinform, 2009.
2. GOSTR 56560-2015. Scutched hemp. Specifications. M.: Standartinform, 2018.
3. Pashin E.L., Orlov A.V. 'Ways to modernize RMP-1 tensile strength testing machine used in standardized testing of flax fiber' // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. 2021. No. 5. Pp. 186...191.
4. Pashin E.L., Orlov A.V., Ovcharenko A.S. 'Details of flax fiber tearing process using standardized testing method with RMP-1 machine' // Izvestia vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. 2022. No. 2(56). Pp. 75...80.
5. Catalogue of GOST Ltd.: Devices and components [website], 2023. <https://gost-lab.ru/osnastka> (accessed 21.02.2023).
6. Pashin E.L., Orlov A.V. Russian Federation patent No. 2780433. Method of determining tensile strength of flax fiber during linear stretching published 23.09.2022.
7. Ipatov A.M. Theoretical basis of mechanical processing of stalks of bast cultures: a university textbook. M.: Legprombytizdat, 1989.
8. Bolotin A.V. Usage of methods of probability and reliability theory in construction design. M.: Stroyizdat, 1971.
9. Ovcharenko A.S., Orlov A.V., Pashin E.L. 'Determining tensile properties of fibrous complexes of scotched flax fiber for use in tensile testing models based on RMP-1' // Materials of 55th international theoretical and applied sciences conference. Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2022. Vol. 2. Pp. 284...286.
10. Orlov A.V., Pashin E.L. Improving bast fiber qualimetry systems. Determining tensile properties of the fibers: a monograph. Kostroma: Kostroma State University, 2023.

Рекомендована кафедрой технических систем в агропромышленном комплексе Костромской ГСХА. Поступила 13.03.23.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

STUDY OF FIRE-HAZARDOUS PROPERTIES OF FABRICS MADE OF CELLULOSE FIBERS BY THERMAL ANALYSIS METHODS

В.Г. СПИРИДОНОВА, О.Г. ЦИРКИНА

V.G. SPIRIDONOVA, O.G. TSIRKINA

(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)

(Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters)

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

Пожарная опасность текстильных изделий определяется рядом характеристик. Данная работа посвящена исследованию влияния поверхностной плотности текстильного материала из целлюлозных волокон на пожароопасные свойства готовой ткани. Испытания проводились с использованием хлопкольняной ткани "брезент" с разной поверхностной плотностью. Представлены результаты термического анализа образцов в инертной и воздушной среде. В исследовании применены методы термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии. Показана зависимость величины потери массы образцов, происходящей в результате в термодеструкции, от их поверхностной плотности. Обозначены температурные границы этапов разложения целлюлозного материала, имеющих место при термодеструкции исследуемых образцов. Установлено, что величина теплового эффекта реакции термического разложения целлюлозы и ее примесей обратно пропорциональна поверхностной плотности ткани. Выявлено, что поверхностная плотность влияет на пожароопасные свойства ткани не более, чем состав волокнообразующего полимера. Отмечено соответствие данных термодеструкции "брезента" параметрам термического разложения входящих в его состав хлопковых и льняных волокон.

The fire hazard of textiles is determined by a number of characteristics. This work is devoted to the study of the influence of the surface density of a textile material made of cellulose fibers on the fire-hazardous properties of the finished fabric. Cotton-linen fabric "tarpaulin" of the same composition, but of different surface density is considered. The results of thermal analysis in an inert and stuffy environment are presented. Methods of thermogravimetric analysis and differential scanning calorimetry are applied. The dependence of the mass loss of the sample as a result of thermal degradation on the surface density of the textile material is shown. The temperature limits of the stages of thermal destruction of the studied samples are indicated. It has been established that the magnitude of the thermal effect of the reaction of thermal decomposition of cellulose and its impurities is inversely proportional to the surface density of the tissue. It was revealed that the surface density affects the fire-hazardous properties of the fabric not more than the composition of the fiber-forming polymer. The correspondence of the thermal

degradation data of the "tarpaulin" to the parameters of thermal decomposition of the cotton and linen fibers included in its composition was noted.

Ключевые слова: пожарная опасность, целлюлоза, текстильный материал, брезент, термодеструкция, термический анализ, термогравиметрия, дифференциальная сканирующая калориметрия.

Keywords: fire hazard, cellulose, textile material, tarpaulin, thermal destruction, thermal analysis, thermogravimetry, differential scanning calorimetry.

Введение

Пожарная опасность текстильных материалов является ключевым показателем, определяющим возможность применения ткани в тех или иных целях. Для обеспечения соответствия требованиям пожарной безопасности значительная часть текстиля подлежит огнезащитной обработке. Однако для определения эффективности антипиренов необходимо знать пожароопасные свойства суровых тканей.

Наиболее распространенными являются испытания на воспламеняемость. Для определения температуры воспламенения полимерных материалов применяется печь Сечкина. При этом воспламенение хлопковых волокон происходит при воздействии тепловых потоков в диапазоне 20–25 кВт/м² [1]. В соответствии с действующими национальными стандартами испытываемые ткани могут быть определены как легковоспламеняемые или трудновоспламеняемые [2, 3].

При описании пожарной опасности текстильных материалов также используется величина кислородного индекса – минимальное содержание кислорода в кислородно-азотной смеси, при котором возможно свечеобразное горение [4]. В США и Великобритании для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов используется понятие Limiting oxygen index – Предельный кислородный индекс (ПКИ). Материалы с ПКИ выше, чем концентрация атмосферного кислорода, называются огнестойкими материалами [5].

Однако одним из наиболее высокочувствительных и универсальных методов является термический анализ, представляющий собой вид физико-химического анализа веществ и материалов.

На пожароопасные свойства готового текстильного полотна могут влиять как внешние факторы, так и характеристики самого материала. Термические свойства материалов отражают их поведение при изменении температуры.

С целью определения влияния поверхностной плотности ткани одного вида на процесс термического разложения проведена серия испытаний текстильного материала "брезент" одинакового волокнистого состава (55 % хлопка + 45 % льна) и вида ткацкого переплетения, но разной поверхностной плотности – 280, 380 и 580 г/м².

Методы исследования

Перед проведением термических испытаний определена фактическая влажность исследуемых образцов, поскольку наличие влаги в материале и ее количество могут повлиять на результаты термических исследований. Влажность образцов определялась в соответствии с методикой [6].

Термические исследования проводились на термическом анализаторе SETSYS Evolution и термоанализаторе STD Q600. Общий порядок проведения термического анализа описан в ГОСТ Р 53293-2009 "Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа". Значимыми идентификационными характеристиками термического анализа признаются коксовый остаток и потеря массы, выраженные в процентах. К качественным характеристикам термического анализа относятся интервалы температур процессов термодеструкции, значения температур начала и окончания процесса термического разложения, тепловые эффекты в абсолютных единицах [7].

Термогравиметрический анализ позволяет получить данные об убыли массы образца в зависимости от достигнутой температуры. В методе дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) теплота определяется через тепловой поток – производную теплоты от времени. Скорость изменения температуры нагревателя может находиться в диапазоне от 0,001 до 100 °/мин [8]. При проведении испытаний использовался диапазон скорости изменения температуры нагревателя от 5 до 20 °/мин в зависимости от среды проведения испытаний.

Результаты и обсуждение

В ходе испытаний получены следующие

данные: наибольшую влажность имеет "брезент" с поверхностной плотностью 280 г/м² – 3,3 %; фактическая влажность "брезента" с поверхностной плотностью 380 г/м² составила 3,25 %; "брезента" с поверхностной плотностью 580 г/м² – 2,9 %. Таким образом, с увеличением поверхностной плотности ткани величина ее фактической влажности снижается.

Испытания с использованием методов термического анализа проводились как в инертной среде (аргон), так и в среде воздуха. Отмечено, что термическое разложение всех исследуемых образцов брезента проходит в 3 степени (табл. 1).

Таблица 1

Поверхностная плотность брезента, г/м ²	1 степень, °С	2 степень, °С	3 степень, °С
280	227,92	227,92...368,3	368,3...519,89
380	237,09	237,09...370,55	370,55...521,46
580	239,77	239,17...372,89	372,89...525,06

Из представленных данных по температурам разложения можно сделать вывод, что диапазоны достаточно близки или совпадают с диапазонами разложения хлопковых и льняных волокон [9]. Вместе с тем "брезент" с поверхностной плотностью 580 г/м² начинает и заканчивает разлагаться при более высокой температуре, чем образцы меньшей плотности.

На рис. 1 представлены данные по потере массы исследуемых образцов, выраженные в процентах.

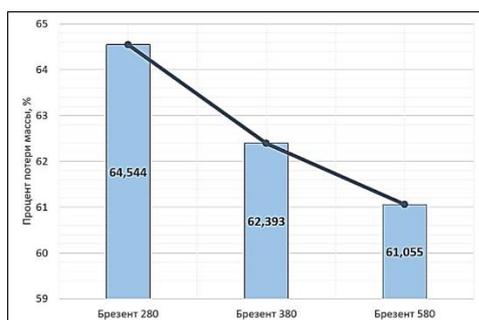


Рис. 1

В данном случае процент потери массы образцов в результате термодеструкции и их поверхностная плотность связаны обратно пропорциональной зависимостью – "брезент" с поверхностной плотностью 580

г/м² сохраняет больший процент массы в сравнении с другими образцами. Этот факт можно объяснить незначительным количеством кислорода воздуха в порах волокна и межволоконном пространстве, то есть термоокисления целлюлозы для указанного образца практически не происходит. При этом для всех исследуемых образцов наблюдается угольный остаток, имеющий определенную структуру, схожую с волокнистой структурой исходного материала.

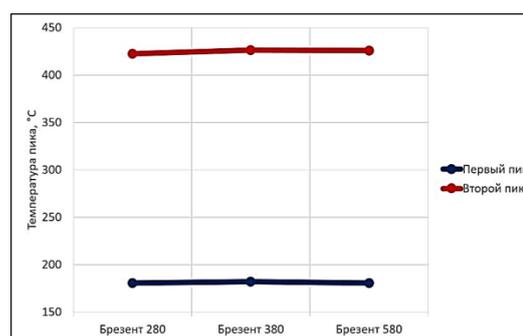


Рис. 2

В процессе термического разложения на кривой теплового потока наблюдаются два пика для каждого исследуемого образца: 180,813 и 422,206 °С – для материала "брезент" 280 г/м²; 182,215 и 426,475 °С –

для "брезента" 380 г/м²; 180,559 и 425,671 °С – для "брезента" 580 г/м² (рис. 2). Из представленных графиков видно, что значения температур пиков на кривой теплового потока для рассматриваемых образцов "брезента" близки.

Общий характер кривых теплового потока также является одинаковым для всех анализируемых образцов. Наиболее выраженный пик на кривой теплового потока наблюдается для "брезента" с поверхностной плотностью 280 г/м², наименее выраженный – для "брезента" с поверхностной плотностью 580 г/м².

Величина тепловых эффектов для исследуемых образцов составила:

"Брезент" 280 г/м² – 7526,9 Дж/г;

"Брезент" 380 г/м² – 4531,2 Дж/г;

"Брезент" 580 г/м² – 3068,2 Дж/г.

Основными факторами, влияющими на величину теплового эффекта при протекании деструкции, являются содержание кислорода в материале и выход летучих веществ, то есть термическая стойкость материала, которая, в свою очередь, зависит от состава элементарного звена и макромолекулярной структуры [10]. Исходя из значений величины тепловых эффектов видно, что для разложения более плотного материала требуется меньшее количество энергии. На кривой теплового потока наблюдается эндоэффект – реакция, сопровождаемая поглощением тепла. Данные эффекты обусловлены удалением влаги гидратации [11]. В связи с этим для ткани "брезент" с большей фактической влажностью (280 г/м²) наблюдается и больший тепловой эффект.

С целью имитации термического разложения материалов из природных целлюлозных волокон в реальных условиях высокотемпературного воздействия проведена серия экспериментов в воздушной среде. Полученные зависимости тепловых эффектов при исследованиях в среде воздуха имеют схожие закономерности. Появление экзотермического эффекта в узком интервале температур в виде интенсивного остроконечного и симметричного пика указывает на "взрывной" характер превращения [12]. Наибольший тепловой эффект отме-

чен для "брезента" с поверхностной плотностью 280 г/м² и составил 8670 Дж/г; для "брезента" 380 г/м² – 6511 Дж/г; для "брезента" 580 г/м² – 6306 Дж/г (рис. 3). Характер поведения в условиях нагрева для исследуемых образцов в инертной среде и воздухе совпадает.

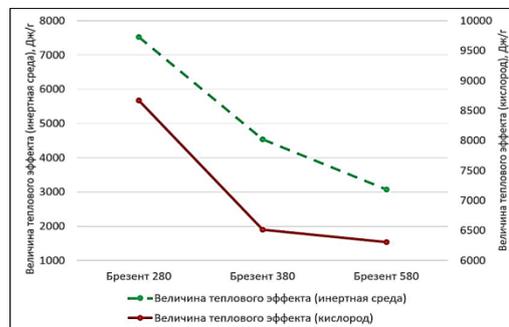


Рис. 3

В данном случае протекает термоокислительный процесс, сопровождающийся выделением тепла, полностью или частично компенсирующего затраты на эндотермические реакции разложения [10]. При этом, чем меньше значение поверхностной плотности, тем больше величина выделяющегося тепла. Данный факт можно объяснить тем, что менее плотный материал изначально содержит большее количество кислорода воздуха в межволоконном пространстве, способствующего более интенсивному окислению целлюлозы. Кривая теплового потока аналогично с инертной средой имеет два пика, температуры которых приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Поверхностная плотность брезента, г/м ²	Пик 1, °С	Пик 2, °С
280	363,39	453,59
380	363,22	453,13
580	348,00	420,36

Отмечено, что в результате термического анализа можно установить значения величин с высокой точностью, что отражено в разнице показателей для образцов с плотностями 280 и 380 г/м², где отличия между значениями составляют десятки градуса.

Величины потери массы, выраженные в процентах, для образцов при испытаниях в условиях кислорода представлены на рис. 4.

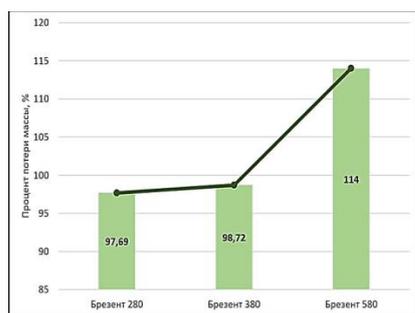


Рис. 4

В отличие от результатов, полученных при проведении испытаний в инертной среде, максимальный процент потери массы отмечается для образца с наибольшей поверхностной плотностью ("брезент" 580 г/м²). В данном случае, поскольку плотность образца высокая, процесс термоокисления ткани и входящих в ее состав примесей происходит интенсивнее. Величину потери массы 114 % можно обосновать тем, что в процессе термодеструкции образуются продукты разложения целлюлозы, взаимодействующие с кислородом.

Из представленных данных видно, что закономерности поведения исследуемых текстильных материалов при термических исследованиях в условиях инертной среды и воздуха противоположны для полученных термогравиметрических зависимостей (рис. 1 и 4) и схожи для тепловых потоков (рис. 3). Вместе с тем термические процессы протекают в пределах незначительно отличающихся друг от друга диапазонов температур, зависимости, полученные в условиях одной среды, имеют схожий характер. При увеличении температуры свыше 120 °С в природном полимере начинают протекать процессы термической деструкции. При температурах, превышающих 240 °С, начинается процесс дегидратации, в результате чего изменяется химический состав элементарного звена целлюлозы [13].

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что поверхностная плотность ткани влияет на температурные показатели, характеризую-

щие протекающие в материале термические процессы, но не более, чем состав материала. Текстильные материалы, выработанные из одинаковых по природе волокон и отличающиеся только поверхностной плотностью, имеют близкие термические показатели.

Таким образом, термические исследования позволяют получить данные о пожароопасных свойствах необработанных текстильных материалов и их изменении в зависимости от условий проведения испытаний, в частности среды. Тем не менее изменение поверхностной плотности ткани одного состава и структуры не изменяет общих зависимостей протекания термических реакций и не оказывает существенного влияния на температурные диапазоны отмечаемых явлений. Следовательно, в дальнейшем отпадает необходимость в проведении детального термического анализа для текстильных полотен одинакового химического состава, но разной поверхностной плотности.

В Ы В О Д Ы

1. Анализ процесса термодеструкции, протекающего в инертной среде с поглощением тепла, показал, что поверхностная плотность и толщина тканей оказывают влияние на термические показатели. С увеличением плотности и толщины образцов уменьшается величина тепловых эффектов реакций: для хлопкольняных полотен с поверхностной плотностью 280 г/м² данная величина составляет 7527,9 Дж/г; для поверхностной плотности 380 г/м² – 4531,2 Дж/г; для 580 г/м² – 3068,2 Дж/г.

2. При проведении термических исследований в условиях кислорода процесс термоокислительной деструкции сопровождается выделением тепла. Наибольший тепловой эффект отмечен для хлопкольняной ткани с поверхностной плотностью 280 г/м² и составил 8670 Дж/г; для поверхностной плотности 380 г/м² – 6511 Дж/г; для 580 г/м² – 6306 Дж/г. Таким образом, величина теплового эффекта реакции обратно пропорциональна поверхностной плотности ткани.

3. Термические исследования позволяют наиболее полно оценить поведение материала в условиях нагрева до высоких температур. Результаты испытаний целлюлозо-содержащих текстильных материалов показали, что на поведение материала при термических испытаниях оказывают влияние поверхностная плотность и толщина материала, но не более, чем его химический состав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Horrocks A.R. Textile flammability research since 1980 – Personal challenges and partial solutions // *Polymer Degradation and Stability*. 2013. Vol. 98. P. 2813...2824.

2. ГОСТ Р 50810-95. Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация. М.: Издательство стандартов, 1995.

3. ГОСТ Р 53294-2009. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость. М.: Стандартинформ, 2009.

4. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006.

5. McCrum N.G., Buckley C.P., Bucknall C.B. Principles of Polymer Engineering. 2 rev. ed. Oxford: Oxford Academ, 1997. 462 p.

6. ГОСТ 6611.4-73. Нити текстильные. Методы определения влажности. М.: Издательство стандартов, 1992. 9 с.

7. ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа. М.: Стандартинформ, 2019.

8. Емелина А.Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия. М.: Лаборатория химического факультета МГУ, 2009.

9. Циркина О.Г., Шарнина Л.В., Никифоров А.Л., Петров А.В., Ульева С.Н., Сорокин Д.В. Оценка пожароопасных свойств текстильных материалов из природных целлюлозных волокон // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2019. №3 (32). С. 81...88.

10. Русчев Д.Д. Химия твердого топлива. Л.: Химия, 1976.

11. Работы по термодинамике и кинетике химических процессов: сб. ст. / отв. ред. В.С. Шпак. Л. [б. и.], 1974.

12. Макарова И.А., Лохова Н.А. Физико-химические методы исследования строительных материалов. 2-е изд., перераб. и доп. Братск: Изд-во БрГУ, 2011.

13. Циркина О.Г., Спиридонова В.Г., Салихова А.Х., Сырбу С.А. К вопросу обеспечения пожарной безопасности предприятий текстильной промышленности // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2022. № 6. С. 177...182.

REFERENCES

1. Horrocks A.R. Textile flammability research since 1980 – Personal challenges and partial solutions // *Polymer Degradation and Stability*. 2013. Vol. 98. P. 2813...2824.

2. GOST R 50810-95. Fire safety of textile materials. Decorative fabrics. Flammability test method and classification. M.: Izdatel'stvo standartov, 1995.

3. GOST R 53294-2009. Textile materials. Bedding. Soft furniture elements. Curtains. Curtains. Flammability test methods. M.: Standartinform, 2009.

4. GOST 12.1.044-89 (ISO 4589-84). The system of occupational safety standards. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods of their determination. M.: Standartinform, 2006.

5. McCrum N.G., Buckley C.P., Bucknall C.B. Principles of Polymer Engineering. 2 rev. ed. Oxford: Oxford Academ, 1997. 462 p.

6. GOST 6611.4-73. Textile threads. Methods for determining humidity. M.: Izdatel'stvo standartov, 1992. 9 p.

7. GOST R 53293-2009. Fire hazard of substances and materials. Materials, substances and means of fire protection. Identification by thermal analysis methods. M.: Standartinform, 2019.

8. Emelina A.L. Differential scanning calorimetry. M.: Laboratoriya himicheskogo fakul'teta MGU, 2009.

9. Cirkina O.G., SHarnina L.V., Nikiforov A.L., Petrov A.V., Ul'eva S.N., Sorokin D.V. Assessment of fire-hazardous properties of textile materials made of natural cellulose fibers // *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*. 2019. №3 (32). P. 81...88.

10. Rushev D.D. Solid Fuel Chemistry. L.: Himiya, 1976.

11. Works on thermodynamics and kinetics of chemical processes: sb. st. / отв. red. V.S. SHpak. L. [b. i.], 1974.

12. Makarova I.A., Lohova N.A. Physico-chemical methods of research of building materials: textbook. 2nd ed., reprint. and additional. Bratsk: Izd-vo BrGU, 2011.

13. Cirkina O.G., Spiridonova V.G., Salihova A.H., Syrbu S.A. On the issue of ensuring fire safety of textile industry enterprises i // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 6. P. 177...182.

Рекомендована кафедрой пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК "Государственный надзор") Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Поступила 20.03.23.

УДК 677.21.051

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_129

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ХЛОПКА-СЫРЦА
В ПИТАТЕЛЕ ОЧИСТИТЕЛЯ КРУПНОГО СОРА****ANALYSIS OF THE PREPARATION OF RAW COTTON
IN THE FEEDERLITTER CLEANER***М.Н. НУРИЕВ**M.N. NURIYEV*

(Азербайджанский государственный экономический университет UNEC)

(Azerbaijan State Economic University UNEC)

E-mail: mehman62@mail.ru

Для повышения эффективности очистки хлопка-сырца от сорных примесей необходима предварительная подготовка, улучшающая структуру хлопковой массы. Результатом подготовки является разукрупнение обрабатываемых частиц хлопка и увеличение их свободной поверхности. Обеспечить указанные процессы можно за счет введения дополнительных колковых валиков в состав питателя хлопкоочистительной машины. Дополнительные колковые валики должны иметь частоту вращения, большую, чем питающие валики. Это позволит обеспечить деформацию растяжения подаваемых в машину частиц хлопка. Получены формулы для расчета деформации в зависимости от конструктивно-технологических параметров питателя. В случае превышения деформации, допустимой по условиям разрушения частиц, происходит их разукрупнение. Разработаны рекомендации по выбору конструктивно-технологических параметров питателя. Экспериментально подтверждена способность питателя разукрупнять частицы хлопка, состоящие более чем из восьми летучек, что доказывает эффективность предложенного технического решения.

To increase the efficiency of cleaning raw cotton from weed impurities, preliminary preparation is necessary to improve the structure of the cotton mass. The result of the preparation is the disaggregation of the processed cotton particles and increase their free surface. These processes can be ensured by introducing additional peg rollers into the composition of the cotton gin feeder. Additional peg rollers must have a higher rotational speed than the feed rollers. This allows for tensile deformation of the cotton particles fed into the machine. Dependences are obtained that allow calculating the deformation depending on the design and technological parameters of the feeder. In the case of exceeding the deformation permis-

sible under the conditions of the particles destruction, they are disaggregated. Recommendations for the choice of structural and technological parameters of the feeder have been developed. The ability of the feeder to disaggregate cotton particles consisting of more than eight volatiles has been experimentally confirmed, which confirms the effectiveness of the proposed technical solution.

Ключевые слова: хлопок-сырец, очистка хлопка, летучки хлопка, деформация хлопковой массы, колковый валик, разукрупнение частиц.

Keywords: raw cotton, cotton cleaning, cotton flyers, deformation of cotton mass, peg roller, disaggregation of particles.

Современные способы очистки хлопка-сырца с использованием виброактивных колосников [1, 2] предполагают хорошую степень подготовки материала к очистке, в частности, разукрупнение структуры хлопка, увеличение общей открытой поверхности хлопковых частиц за счет деформации структурных единиц и снижения их плотности [3].

Указанной цели можно достигнуть путем введения в конструкцию питателя дополнительной пары разрыхляющих валиков. Схема модернизированного устройства показана на рис.1-а. Питающие валики обычно представляют собой вал 1 с закрепленными на нем лопастями. Разрыхлительные валики 2 конструктивно выполнены в виде полрой трубы, на обечайке которой установлены колки – стальные стержни диаметром 12-15 мм и длиной 100-150 мм, направленные под углом к радиусу обечайки.

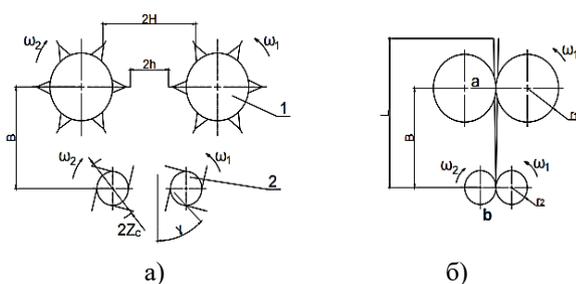


Рис. 1

На рис. 1 представлены конструктивная (а) и расчетная (б) схемы питающего устройства с системой направленного изменения технологических свойств хлопка-сырца: 1 – лопастные питающие валики; 2 – колковые разрыхлительные валики.

Хлопок, состоящий из комков, в состав которых входит от 3 до 20 и более летучек, подается в очиститель с некоторой скоростью, а разрыхлительные валики отбирают его из подаваемого слоя с большей скоростью.

Очевидно, что мелкие комки, состоящие из 3-4 летучек, не могут быть зажаты одновременно между питающими и разрыхлительными валами. Они проходят через питатель, не изменяя своей структуры. Более крупные комки хлопка оказываются зажаты в обеих парах одновременно. А так как скорость подачи хлопка ниже, чем скорость его отбора разрыхлительными валиками, происходит растяжение крупных комков. Если их деформация за время движения между линиями зажима превысит допускаемую деформацию разрыва, произойдет деление комков на более мелкие, т.е. будет достигнута цель – в очиститель начнет поступать масса хлопка с большей свободной поверхностью и более приспособленная к проведению процесса очистки.

Очевидно, что эффективность работы предлагаемого питателя зависит от ряда конструктивных параметров, таких, как расстояние между валами в каждой паре, расстояние между питающей и разрыхлительной парой валиков, их диаметр и частота вращения. Существенное влияние оказывают также параметры перерабатываемого слоя хлопка.

Оценим влияние указанных параметров на изменение структуры комков хлопка-сырца на выходе из питателя.

Примем, что питающие и разрыхлительные валики в сечении представляют

окружности радиусов r_1 и r_2 , проведенные по концам лопастей и колков соответственно. Частоту вращения питающих валиков обозначим ω_1 , а разрыхлительных – ω_2 .

Слой хлопка, каждый зажатый между валиками, не проскальзывает. Комок хлопка до вхождения в зону между парами валиков имел длину L_0 . Расстояние между линиями зажима слоя хлопка в питающей и разрыхлительной парах обозначим B .

Комок хлопка, зажатый в точке a (рис. 1-б), движется со скоростью $r_1\omega_1$ к разрыхлительным валикам до тех пор, пока его нижний конец не попадет в точку зажима b . С этого момента участок хлопка, зажатый в точке b , движется со скоростью $r_2\omega_2$. Поскольку $r_2\omega_2 \gg r_1\omega_1$, происходит нарастающее растяжение комка хлопка. Процесс завершается, когда рассматриваемый комок выйдет из зажима питающей пары валиков или когда комок разрушится.

Массу продукта, подаваемую в питатель и выходящую из него за время dt , можно определить по формулам:

$$dm_1 = \gamma_1 \omega_1 r_1 F_1 dt, \quad (1)$$

$$dm_2 = \gamma_2 \omega_2 r_2 F_2 dt, \quad (2)$$

где γ_1 и γ_2 – плотность хлопка-сырца до и после деформации; F_1 и F_2 – соответствующие площади поперечных сечений.

Очевидно, что $\gamma_2(t)$ и $F_2(t)$ изменяются в процессе деформации, т.е. являются функциями времени.

Массу хлопка между зажимами можно определить из выражения

$$m_b = \gamma_1 B F_1. \quad (3)$$

Элементарное изменение этой массы

$$dm_b = dm_1 - dm_2. \quad (4)$$

Подставив в (4) значения (1) и (2), а также m_b из (3), после интегрирования получим удлинение комка хлопка при прохождении его через питатель:

$$\gamma F = \gamma_1 F_1 \left[\frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} + \left(1 - \frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} \right) e^{-\frac{\omega_2 r_2}{B} t} \right]. \quad (5)$$

В полученном выражении индекс 2 у переменных $\gamma_2(t)$ и $F_2(t)$ опущен.

Используя (5), можно рассчитать относительную деформацию в функции времени:

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{\frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} + \left(1 - \frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} \right) e^{-\frac{\omega_2 r_2}{B} t}} - 1. \quad (6)$$

Относительное удлинение достигает максимума в момент времени

$$t = \frac{L_0 - B}{\omega_1 r_1}. \quad (7)$$

Значение максимума можно рассчитать по формуле

$$\varepsilon_{\max} = \frac{1}{\frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} + \left(1 - \frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} \right) \exp\left[-\frac{\omega_1 r_1 (B - L_0)}{\omega_2 r_2 B} \right]} - 1. \quad (8)$$

Из (8) видно, что деформируются только комки, длина которых превышает B . С увеличением исходной длины комка возрастает его деформация и вероятность разрыва такого комка.

Очевидным результатом анализа является зависимость максимальной деформации комков хлопка от соотношения скоростей подачи и выпуска слоя хлопка в питатель, т.е. от величины $\frac{\omega_2 r_2}{\omega_1 r_1}$.

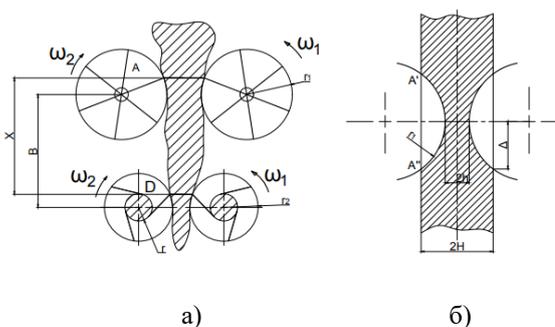


Рис. 2

Приведенная выше модель не учитывает деформацию слоя хлопка колками. Уточненная схема процесса приведена на рис. 2-а. В сечении А лопасти питающих валиков зажимают слой хлопка-сырца, а в сечении D, находящемся на расстоянии X от А, колки разрыхлительных валиков воздействуют на комок хлопка-сырца.

Слой хлопка (рис. 2-б) деформируется питающими валиками от величины $2H$ до $2h$. При этом слой хлопка взаимодействует с валиками на дуге $A'A''$, в пределах которой слой хлопка-сырца сжимается лопастями.

Т.к. на каждом из питающих валиков имеется по шесть лопастей, то случай потери зажима слоя хлопка, при котором он не контролируется питающими валиками, является кратковременным и поэтому в данном анализе не рассматривается.

Из рис. 2-б видно, что половину хорды $A'A''$ можно рассчитать по формуле

$$\Delta = \sqrt{r_1^2 + (r_1 - H + h)^2}. \quad (9)$$

Процесс взаимодействия колков со слоем хлопка-сырца состоит из трех этапов. Первый – от момента касания колком слоя хлопка до прекращения их взаимного относительного скольжения.

Хорда, соответствующая касанию колка поверхности слоя согласно рис. 3 (к определению момента касания колков слоя хлопка-сырца и условий прекращения скольжения волокнистого материала по поверхности колка), определится из соотношения

$$\Delta_1 = -r_2 \cos \gamma_0 = -\sqrt{r_2^2 - (r_2 - H + h')^2}. \quad (10)$$

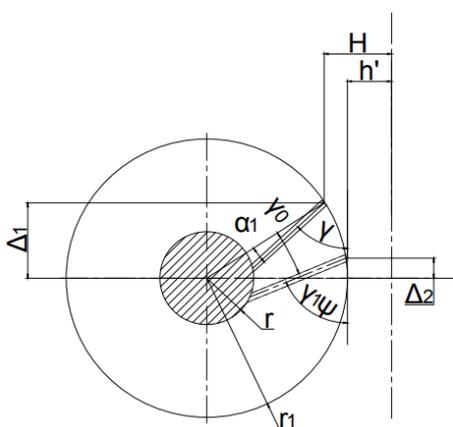


Рис.3

Считая, что трение между слоем хлопка и колком происходит по закону Амонтона, можно определить угол, при котором взаимное скольжение колка и слоя хлопка прекратится:

$$\lambda_c = \frac{\pi}{2} - \rho = \gamma + \varphi, \quad (11)$$

где ρ – угол трения; φ – угол поворота от момента касания до прекращения скольжения; $\gamma = \gamma_{01} - \alpha_1$ – угол между осью валика и осью потока хлопка в момент касания; α_1 – угол между осью колка и прямой, соединяющей конец колка с осью валика.

Прекращению скольжения соответствует хорда

$$\Delta_2 = r_2 \sin(\alpha_1 - \rho). \quad (12)$$

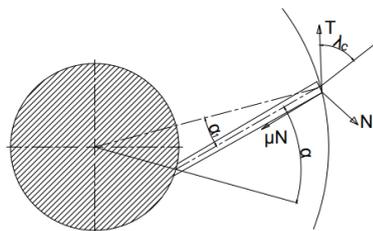


Рис. 4

На втором этапе происходит деформация слоя хлопка-сырца при не полностью зафиксированной частице хлопка на поверхности колка. Этой зоне соответствуют условия

$$\frac{\pi}{2} + \rho \geq \lambda_c \geq \frac{\pi}{2} - \rho, \quad (13)$$

и максимальное смещение точки захвата определяется по формуле

$$\Delta_3 = r_2 \cos(\alpha_1 - \rho). \quad (14)$$

Общая начальная длина X комка хлопка, зажатого между питающими и разрыхлительными валами, определится из выражения

$$X = B \pm \sqrt{r_1^2 + (r_1 - H + h)^2} + r_2 \sin(\alpha_1 - \rho). \quad (15)$$

Величина максимального значения абсолютной деформации с учетом перемещения лопасти питающих валиков за время поворота колкового валика на угол 2ρ будет

$$\Delta X_{\max} = 2 \left(r_2 \sin \rho \cos \alpha_1 - \rho r_1 \frac{\omega_1}{\omega_2} \right). \quad (16)$$

Тогда максимальное значение относительной деформации на этом этапе процесса можно рассчитать по формуле

$$\varepsilon_{2 \max} = \frac{2(r_2 \sin \rho \cos \alpha_1 - \rho r_1 \frac{\omega_1}{\omega_2})}{B \pm \sqrt{r_1^2 + (r_1 - H + h)^2 + r_2^2 \sin^2(\alpha_1 - \rho)}}. \quad (17)$$

Если учитывать, что перед каждой рассматриваемой лопастью идет предыдущая, максимальное значение начальной длины X определится из соотношения

$$X_{\max} = B + \sin \left(\arccos \frac{r_1 - H + h}{r_1} - \frac{2\pi}{n} \right) + r_2 \sin(\alpha_1 - \rho). \quad (18)$$

При этом должно выполняться условие

$$X_{\max} \geq L_0. \quad (19)$$

Во избежание образования намотов на колковых валиках процесс разрушения структурных частиц желательно завершить в этой фазе, для чего в (17) $\varepsilon_{2 \max}$ должно превышать относительную деформацию частиц хлопка при их разукрупнении $\varepsilon_{\text{хл}}$.

Третья фаза процесса – стягивание частиц, захваченных колком, к его основанию, при этом движение частиц хлопка описывается уравнениями, аналогичными описанным в [6]. Учитывая, что $\lambda_c = \gamma + \varphi(t)$, получаем

$$\Delta X_3 = -r_2 [\cos(\alpha_1 + \gamma + \varphi) + \sin(\rho + \alpha_1)] - r_1 \varphi_1 \frac{\omega_1}{\omega_2}. \quad (20)$$

По аналогии может быть получена величина относительной деформации

$$\varepsilon_3 = \frac{\Delta X_3}{X}, \quad (21)$$

суммарная деформация во второй и третьей фазах взаимодействия колка с хлопком-сырцом:

$$\varepsilon = \varepsilon_{2 \max} + \varepsilon_3 \geq \varepsilon_{\text{хл}}. \quad (22)$$

Для проверки полученных соотношений изготовлена экспериментальная установка со следующими параметрами: $r_1 = 70$ мм; $r_2 = 45$ мм; $B = 120$ мм; $2h = 60$ мм; $n = 6$; $\alpha_1 = \pi/6$, которая монтировалась после сепаратора хлопка [7] перед очистителем крупного сора. Расчетная начальная длина X элемента при $\mu = 0,35 \dots 0,48$ ($\rho = 0,337 \dots 0,447$) и толщине $2H = 140$ мм определяется диапазоном от $X_{\min} = (48 \dots 53)$ мм до $X_{\max} = (118 \dots 123)$ мм при среднем $X_{\text{ср}} = (83 \dots 88)$ мм.

Анализ структурного состава хлопко-сырца, прошедшего через рассматриваемое питающее устройство, показал, что частицы с восемью и более летучками, размеры которых $L_0 = 100 \dots 140$ мм, практически полностью разукрупняются. Относительная деформация этих частиц достигает $\varepsilon_2 = 0,346 \dots 0,851$ при $\mu = 0,48$ и $\varepsilon_2 = 0,243 \dots 0,563$ при $\mu = 0,35$.

Если же учесть и деформацию в третьей фазе процесса, то общее относительное удлинение для перечисленных коэффициентов трения окажется соответственно $\varepsilon = 0,526 \dots 1,293$.

ВЫВОДЫ

1. Для разукрупнения частиц хлопко-сырца и увеличения их свободной поверхности перед очисткой целесообразно введение дополнительных колковых валиков в состав питателя.

2. Предложены зависимости, позволяющие рассчитать деформации частиц хлопка в зоне между питающими и колковыми валиками.

3. Даны рекомендации по выбору конструктивно-технологических параметров питателя, обеспечивающего разукрупнение частиц хлопка, состоящих более чем из восьми летучек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирахмидов Дж., Джураев А., Абдуллаев А.В. Анализ колебаний колосника на упругом основании с нелинейной жесткостью // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. №5. С. 115...116.

2. Муродов О.Ж., Рудовский П.Н., Корабельников А.Р. Определение собственных частот и форм свободных колебаний колосниковой решетки очистителя хлопка-сырца // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 24...28.

3. Газиева С.А., Курбонов Б.Д., Нуров М.Э., Иброгимов Х.И., Рудовский П.Н. Изменение структурного показателя хлопка-сырца по технологическим переходам его переработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 5 (347). С. 131...135.

4. Murodov O.Zh., Khodjiev M.T., Eshmurodov D. Creation of Scientific-Based Construction of the Separator with Insulation Camera. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Vol. 9. Issue 4, February 2020.

5. Murodov O.Zh., Khojiev M.T. Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator. ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6. Issue 4, April 2019. P. 8735-8738.

6. Газиева С.А., Нуров М.Э., Иброгимов Х.И., Рудовский П.Н. Анализ движения летучки хлопка-сырца по лопасти барабанной сушилки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 2 (362). С. 75...79.

7. Муродов О.Ж., Рудовский П.Н., Корабельников А.Р. Обоснование параметров и конечно-элементное моделирование движения хлопково-воздушной смеси в сепараторе хлопка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 266...271

REFERENCES

1. Mirakhmidov J., Juraev A., Abdullaev A.V. Analysis of fluctuations of a grate on an elastic foundation with non-linear stiffness // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2008. No 5. P. 115 ... 116.

2. Murodov O.Zh. , Rudovsky P.N., Korabelnikov A.R. Determination of natural frequencies and forms of free vibrations of the grate of the raw cotton cleaner. Technologies & Quality. 2022. No 1(55). P. 24–28. (In Russ.)

3. Gazieva S.A., Kurbonov B.D., Nurov M.E., Ibrogimov Kh.I., Rudovsky P.N. Changes in the structural index of raw cotton according to the technological transitions of its processing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2013. No 5. P. 131 ... 135.

4. Murodov O.Zh., Khodjiev M.T., Eshmurodov D. Creation of Scientific-Based Construction of the Separator with Insulation Camera. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Vol. 9. Issue 4, February 2020.

5. Murodov O.Zh., Khojiev M.T. Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator. ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6. Issue 4, April 2019. P. 8735-8738.

6. Gazieva S.A., Nurov M.E., Ibrogimov Kh.I., Rudovsky P.N. Analysis of the movement of raw cotton fly along the blade of a drum dryer // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2016. No 2. P. 75 ... 79.

7. Murodov O.Zh., Rudovsky P.N., Korabel'nikov A.R. Justification of the parameters and finite element modeling of the movement of the cotton-air mixture in the cotton separator // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No 1. P. 266 ... 271.

Рекомендована кафедрой инженерии и прикладных наук Азербайджанского государственного экономического университета. Поступила 16.01.23.

**РАСЧЕТ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ И ДИАМЕТРА
ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ КОЭФФИЦИЕНТА КРУТКИ**

**CALCULATION OF BULK DENSITY AND COTTON YARN
DIAMETER DEPENDENT ON
TWIST COEFFICIENT**

*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*

*(¹Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна,*

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

*(¹State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency,
²The Kosygin State University of Russia)*

E-mail: zvp.2013@yandex.ru; 6145293@mail.ru

В статье описывается метод расчета объемной плотности и диаметра хлопчатобумажной пряжи в зависимости от коэффициента крутки. Научная новизна и интерес настоящей работы заключается в определении степени влияния такого фактора, как коэффициент крутки, на объемную плотность волокон хлопка, имеющих существенное отличие от волокон шерсти по длине, линейной плотности и степени извитости, данные по которым приведены в работе. Сравнение двух принципиально разных видов волокон по степени их влияния на объемную плотность пряжи и ее диаметр имеет важное значение при проектировании продуктов текстильного производства.

Одной из главных задач настоящей работы являлась проверка работоспособности модели применительно к хлопчатобумажной пряже. С этой целью проведен однофакторный эксперимент, в котором исследовалось 4 образца хлопчатобумажной пряжи разных систем прядения, степени скрученности и волокнистого состава. Предложена научно обоснованная математическая модель зависимости объемной плотности хлопчатобумажной пряжи от коэффициента крутки. Представлены сравнительные графики зависимости диаметров хлопчатобумажной пряжи от коэффициента крутки, полученные по формулам различных авторов (Брашлера, Афончикова, Будникова).

The article describes a method for calculating the bulk density and diameter of cotton yarn depending on the twist coefficient. The scientific novelty and interest of this work lies in determining the degree of influence of such a factor as the twist coefficient on its bulk density for cotton fibers, which have a significant difference from wool fibers in length, linear density and degree of crimp, the data for which are given in the work. Comparison of two fundamentally different types of fibers in terms of the degree of their influence on the bulk density of the yarn and its diameter is important in the design of textile products.

One of the main objectives of this work was to test the performance of the model in relation to cotton yarn. For this purpose, a one-factor experiment was carried out, in which 4 samples of cotton yarn of different spinning systems, degree of twisting and fiber composition were studied. A scientifically substantiated mathematical model of the dependence of the bulk density of cotton yarn on the twist coefficient is proposed. Comparative graphs of the dependence of the diameters of cotton yarn on the twist coefficient are presented, obtained by the formulas of various authors (Brashler, Afonchikova, Budnikova).

Ключевые слова: хлопчатобумажная пряжа, поперечник (диаметр) пряжи, хлопковые волокна, объемная плотность пряжи, линейная плотность пряжи, гексагональное расположение волокон, сечение пряжи.

Keywords: cotton yarn, diameter (diameter) of yarn, cotton fibers, bulk density of yarn, linear density of yarn, hexagonal arrangement of fibers, yarn section.

Введение

Вопросы, связанные с прониканием аэрозольных частиц через материалы средств индивидуальной защиты, применительно к предприятиям, имеющим опасные химические или радиационно опасные производства, являются актуальными и неразрывно связаны с объемной плотностью используемых материалов для СИЗ. В частности, объемная плотность пряжи или нитей, из которых изготовлена ткань или фильтрующий материал, имеет принципиальное значение как фактор, непосредственно влияющий на защитные свойства материала в целом.

В настоящее время во всех расчетах, связанных с определением условного диаметра пряжи, используется следующая формула, полученная из предположения об округлости ее поперечного сечения:

$$d = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\gamma}}, \quad (1)$$

где d – диаметр пряжи, мм; T – линейная плотность пряжи, текс; γ – объемная плотность пряжи, мг/мм³.

Однако существуют и другие математические модели [1...9] для расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи, которые связывают такие ее свойства, как линейная плотность и коэффициент крутки α , и лишь в одной модели, предложенной профессором Ф.А. Афончиковым, в формуле фигурирует объемная плотность пряжи в

виде усредненной константы, что не корректно, так как объемная плотность зависит в свою очередь и от степени скрученности (коэффициента крутки α), и от толщины самой пряжи, то есть от числа волокон в ее поперечном сечении.

В работе [4] содержатся результаты исследований, проведенных с целью определения объемной плотности и диаметра аппаратной шерстяной пряжи в зависимости от коэффициента крутки. Предложенная модель имеет вид:

$$\gamma(T_{\phi}, \alpha_{\phi}) = \gamma_0 + [\gamma(T_{\phi}, \alpha_t) - \gamma_0] K_1 \frac{J}{H} - \frac{K_2}{K_2 + \alpha_{\phi}} \frac{H}{H_1} \quad (2)$$

где T_{ϕ} – линейная плотность исследуемой пряжи; $\gamma(T_{\phi}, \alpha_{\phi})$ – объемная плотность исследуемой пряжи линейной плотности T_{ϕ} с коэффициентом крутки α_{ϕ} ; γ_0 – объемная плотность ровницы, из которой была получена данная пряжа (принимается одинаковой для любого вида пряжи – гребенной или кардной, т.к. в ровнице преобладают воздушные промежутки и значение γ_0 существенно меньше, чем объемная плотность пряжи); $\gamma(T_{\phi}, \alpha_t)$ – объемная плотность исследуемой пряжи рассматриваемой линейной плотности и состава, но при степени скрученности, соответствующей табличному значению (т.е.

при $\alpha_t = 80$). Определяется этот показатель по формуле, предложенной в [4]:

$$\gamma(T_\phi, \alpha_t) = \gamma_t \frac{40^m}{T_\phi^m}, \quad (3)$$

где γ_t – табличное значение объемной плотности пряжи при $T_t = 40$ текс; m – параметр, характеризующий тонины, извитость волокон и упорядоченность структуры пряжи из табл. 1 (определен экспериментально для различных видов волокон и систем прядения).

Здесь нужно отметить, что формула (3) учитывает фактор, влияющий на величину объемной плотности пряжи, которым нельзя пренебрегать. Это зависимость плотности от толщины пряжи. Функция $\gamma(T_\phi, \alpha_t)$ отражает изменение объемной плотности исследуемой пряжи от ее толщины при фиксированном значении α_t и имеет убывающий характер.

Ранее определены значения параметра m и γ_t для гребенной и кардной хлопчатобумажной пряжи при степени скрученности $\alpha_t = 80$. Эти значения содержатся в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Наименование вида волокон	Одиночная пряжа			
		m	γ_t , мг/мм ³	T_t , текс	α_t
1	Хлопковое волокно I – III типа (для гребенной пряжи)	0.195	0.73	40	80
2	Хлопковое волокно IV – VII типа (для кардной пряжи)	0.235	0.68	40	80

Научные исследования

Одной из главных задач настоящей работы являлась проверка работоспособности модели (2) применительно к хлопчатобумажной пряже. С этой целью проведен однофакторный эксперимент, в котором исследовалось 4 образца хлопчатобумажной пряжи разных систем прядения, степени скрученности и волокнистого состава.

При проведении эксперимента и дальнейших расчетов в работе принята следующая модель строения хлопчатобумажной пряжи с определенными допущениями:

- пряжа имеет слоистую структуру;
- волокна в одном слое расположены по винтовым линиям примерно на одинаковом расстоянии от оси пряжи;
- волокна имеют круглое сечение;
- все волокна имеют одинаковый диаметр;
- волокна в поперечном сечении пряжи при максимальной степени скрученности пряжи имеют гипотетически максимально возможную плотность упаковки, обеспечиваемую их гексагональным расположением (как соты в улье).

Исходя из гексагональности структуры пряжи, изображенной на рис. 1 (гексаго-

нальная гипотетическая модель расположения волокон в пряже кольцевого способа прядения), легко получается максимально возможная объемная плотность пряжи, используемая при расчетах коэффициентов K_1 и K_2 в системе уравнений (4).

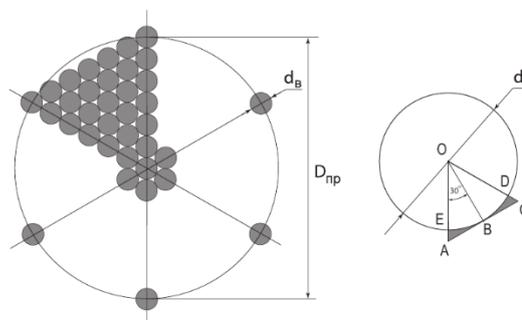


Рис. 1

Максимально возможная объемная плотность хлопчатобумажной пряжи рассчитывается из условия доли площади сечения, занятой волокнами. Легко вычислить, что $S_{\text{полезн}} = 0,907$ от общей площади сечения пряжи. В этом случае, имея в виду, что объемная плотность волокон хлопка равна объемной плотности целлюлозы 1,54 мг/мм³, получим $\gamma_{\text{пр}} = 1,54 \cdot 0,907 = 1,49$ мг/мм³. Однако этот случай носит гипотетический характер и реальные цифры

несколько отличаются от приведенных и тем больше, чем больше механические и геометрические свойства волокон отличаются от принятых в наших допущениях. В расчетах принято: коэффициент неидеальности расположения волокон для гребенной пряжи равен 0,9, а для кардной 0,83. В этом случае $\gamma_{\max} = 1,21$ для гребенной пряжи и $\gamma_{\max} = 1,11$ мг/мм³ для кардной. Зна-

чение γ_0 для гребенной и кардной пряжи принято одинаковым, равным 0,12 мг/мм³, что соответствует плотности ровницы.

После определения $\gamma(T_\phi, \alpha_t)$ по формуле (3) вычисляются значения параметров K_1 и K_2 из решения системы уравнений (4) с подстановкой в формулы значений γ_{\max} и γ_0 для хлопчатобумажной пряжи:

$$\begin{cases} \gamma(T_\phi, \alpha_\phi) = \gamma_0 + [\gamma(T_\phi, \alpha_t) - \gamma_0] \cdot K_1 \cdot \left(1 - \frac{K_2}{K_2 + \alpha_\phi^2}\right) \\ \gamma_{\max} = \gamma_0 + [\gamma(T_\phi, \alpha_t) - \gamma_0] \cdot K_1 \cdot \left(1 - \frac{K_2}{K_2 + \alpha_{\max}^2}\right) \end{cases} \quad (4)$$

где α_{\max} принято равным 300, что с лихвой перекрывает значения коэффициента крутки, применяемые для креповой пряжи, и, таким образом, охватывает весь диапа-

зон возможных значений коэффициента крутки, используемый на практике.

Параметры K_1 и K_2 определяются по следующим формулам:

$$K_2 = \alpha_{\max}^2 \frac{\gamma(T_\phi, \alpha_t) - \gamma_{\max}}{(\gamma_{\max} - \gamma_0) - [\gamma(T_\phi, \alpha_t) - \gamma_0] \frac{\alpha_{\max}^2}{\alpha_t^2}}, \quad (5)$$

$$K_1 = \frac{K_2 + \alpha_t^2}{\alpha_t^2}. \quad (6)$$

Результаты экспериментальных исследований и расчетов объемной плотности и диаметра хлопчатобумажной пряжи раз-

личной линейной плотности и системы прядения по предлагаемой математической модели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Вид пряжи	Фактическая линейная плотность пряжи, текс	Фактический коэффициент крутки α_ϕ	Фактическая объемная плотность пряжи γ_ϕ , г/мм ³	Расчетная объемная плотность пряжи $\hat{\gamma}$, мг/мм ³	Фактический диаметр пряжи, мм	Расчетный диаметр пряжи, мм
Гребенная	14,4	90	0,830	0,855	0,147	0,146
Кардная	24,2	86	0,663	0,696	0,216	0,211
Гребенная	28,1	87	0,650	0,632	0,234	0,238
Кардная	36,6	96	0,688	0,734	0,259	0,252

ВЫВОДЫ

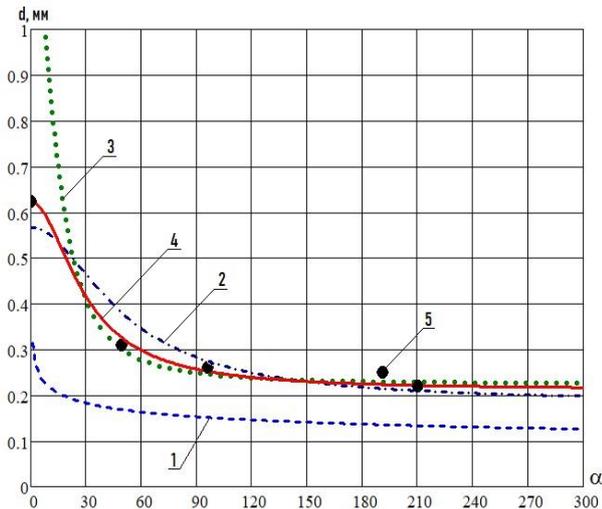


Рис. 2

На рис. 2 (сравнительные графики эмпирических зависимостей диаметра хлопчатобумажной пряжи от коэффициента крутки: 1 – по формуле Е. Брашлера; 2 – по формуле Ф.А. Афончикова; 3 – по формуле В.И. Будникова; 4 – по предлагаемой формуле; 5 – экспериментальные значения) приведен пример результата обработки экспериментальных данных и расчета диаметра пряжи по объемной плотности с использованием предлагаемой модели, а также расчетные значения диаметра по формулам, приведенным в [7...9]. В качестве примера приведены графики изменения диаметра для образца пряжи линейной плотности 36,6 текс, построенные с использованием прикладного математического пакета Mathcad.

Экспериментальное определение параметра m и табличного значения объемной плотности γ_t для хлопчатобумажной пряжи проводилось ранее по методу наименьших квадратов также с использованием пакета Mathcad.

Адекватность предложенной модели проверяли по известной методике, изложенной в [11]. Из рисунка видно, что график предлагаемой функции точнее описывает экспериментальные данные, так как визуально заметно, что отклонения графика предлагаемой функции от экспериментальных значений меньше, чем у графиков, построенных по формулам, приведенным в [7...9].

1. Предложена научно обоснованная математическая модель зависимости объемной плотности хлопчатобумажной пряжи от коэффициента крутки.

2. Графическое сравнение предложенной математической модели с ранее опубликованными формулами определения диаметров x/b пряжи разных авторов (Е. Брашлера, Ф.А. Афончикова, В.И. Будникова) показало, что предложенная модель в большей степени соответствует фактическим значениям, полученным в эксперименте.

3. Результаты могут быть использованы для расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи при проектировании тканей и трикотажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Осьмин Н.А., Щербаков В.П. и др. Механическая технология текстильных материалов. М.: Легпромиздат, 1989.
2. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. М.: Тико Принт, 2013.
3. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. М.: Легкая индустрия, 1980.
4. Осьмин Н.А., Зиновьев Т.В., Мельников В.В., Зиновьев В.П. Метод расчета объемной плотности и диаметра аппаратной шерстяной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2001. № 2. С. 45...49.
5. Щербаков В.П., Цыганов И.Б., Полякова Т.И., Скуланова Н.С., Попова Е.Р. Теория и расчет силовых факторов, определяющих равновесную структуру крученой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. №6. С.75...77
6. Корицкий К.И. Инженерное проектирование текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1971.
7. Будников В.И., Будников И.В., Зотиков В.Е., Канарский Н.Я., Раков А.П. Основы прядения. Ч. 2. М.: Гизлегпром, 1945.
8. Афончиков Ф.А. Влияние крутки на продольный и поперечный размер одиночной хлопчатобумажной пряжи: дис. ... д-ра техн. наук. М.: МТИ, 1941.
9. Брашлер Е. Крепость хлопчатобумажной пряжи; перевод с нем. проф. В.В. Линде, инж. В.И. Будникова. М.: Гизлегпром, 1939.
10. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М. Текстильное материаловедение и управление качеством. М.: ИНФРА-М, 2022.

11. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.

REFERENCES

1. Mechanical technology of textile materials / Sevostyanov A.G., Osmin N.A., Shcherbakov V.P. and others. M.: Legpromizdat, 1989. 512 p.
2. Shcherbakov V.P. Applied and structural mechanics of fibrous materials. M.: Tiko Print, 2013. 304 p.
3. Migushov I.I. Mechanics of textile thread and fabric. M.: Light industry, 1980. 160 p.
4. Osmin N.A., Zinov'ev T.V., Mel'nikov V.V., Zinov'ev V.P. Fiz. Method for calculating bulk density and diameter of hardware wool yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2001 (260). No. 2. P. 45...49.
5. Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Polyakova T.I., Skulanova N.S., Popova E.R. Theory and calculation of force factors that determine the equilibrium structure of a twisted thread // Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 6. P. 75...77

6. Koritsky K.I. Engineering design of textile materials. M.: Light Industry, 1971. 352 p.
7. Budnikov V.I., Budnikov I.V., Zotikov V.E., Kanarsky N.Ya., Rakov A. P. Fundamentals of spinning. Part two. M.: Gizlegprom, 1945. 312 p.
8. Afonchikov F.A. Influence of twist on the longitudinal and transverse size of a single cotton yarn. Diss ... Doctor of Technical Sciences. M.: MTI, 1941. 173 p.
9. Brashler E. Fortress of cotton yarn: translated from German by prof. V.V. Linde, engineer V.I. Budnikova. M.: Gizlegprom. 1939. 152 p.
10. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M. Textile Materials Science and Managementquality. Textbook. M.: INFRA-M, 2022. 386 p.
11. Sevostyanov A.G. Methods and means of studying the mechanical and technological processes of the textile industry. M.: MGTU n. Kosygin, 2007.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.01.23.

УДК677.025

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_141

ИССЛЕДОВАНИЕ КУЛИРНОГО ОДИНАРНОГО ГИБРИДНОГО ТРИКОТАЖА ПЛЮШЕВЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ**RESEARCH OF SINGLE HYBRID PLUSH JERSEY FABRICS***Д.И. БЫКОВСКИЙ, А.В. ЧАРКОВСКИЙ**D.I. BYKOUSKI, A.V. CHARKOVSKIJ*

(Витебский государственный технологический университет)

(Vitebsk State University of Technology)

E-mail: denisbykouskij@yandex.ru

В классическом двойном двухслойном трикотаже каждый слой представляет собой самостоятельное полотно главного, производного, рисунчатого или комбинированного переплетения. Такой трикотаж является двухлицевым, и для его производства нужны двухфонтурные машины. Вместе с тем имеются трикотажные переплетения, которые могут быть использованы для производства трикотажа с двумя и более слоями на однофонтурных машинах. Значительное место в формировании ассортимента бельевого и спортивного назначения имеет трикотаж с ворсом на одной из сторон. Для формирования ворсового покрова на поверхности трикотажа широко используются плюшевые переплетения. Построены 3D-модели трикотажа плюшевых переплетений. Разработана классификация гибридного одинарного трикотажа плюшевых переплетений. Исследована гигроскопичность и капиллярность экспериментальных образцов трикотажа плюшевого переплетения. Трикотаж, все слои которого образованы из синтетических гидрофобных нитей, может быть рекомендован для изготовления влаговыводящего термобелья. Трикотаж, в котором один из слоев (внутренний) образован из сочетания гидрофобных и гидрофильных нитей, может быть рекомендован для изготовления комбинированного (влаговыводящего и согревающего) термобелья.

In the classic two-layer double-jersey fabric, each layer is an independent fabric. Such structure is double-face. Its production requires a double jersey circular knitting machine. Some knitted structures can be used to produce two or more layers of jersey fabric on a single jersey circular knitting machine. Knitted fabrics with a pile on one side are used to form a range of underwear and sportswear. Plush knitted structures are widely used to form the pile on the surface of fabrics. 3D models of the plush jersey fabrics were created. A classification of hybrid single

plush jersey fabrics has been developed. Hygroscopicity and capillarity of experimental samples of plush jersey fabrics were investigated. Plush jersey fabric formed from synthetic hydrophobic yarns can be recommended for the production of moisture-wicking thermal underwear. Plush jersey fabric with an inner layer formed from a combination of hydrophobic and hydrophilic threads can be recommended for the production of combined (moisture wicking and warming) thermal underwear.

Ключевые слова: гибридный трикотаж, одинарный трикотаж, плюшевое переплетение, гигроскопичность, капиллярность, 3D-модель, гидрофобные виды сырья, гидрофильные виды сырья.

Keywords: hybrid jersey fabric, single jersey fabric, plush jersey fabric, hygroscopicity, capillarity, 3D model, hydrophilic types of raw materials, hydrophobic types of raw materials.

В настоящее время быстро развиваются исследования и производство текстильных материалов с заданными свойствами. Гибридные ткани сотканы с использованием нескольких различных волокон [1]. Гибридный трикотаж содержит элементы петельной структуры, образованные из нитей (пряжи) разного волокнистого состава [2].

Перспективным направлением в создании трикотажа с заданными свойствами (функционального трикотажа) является комбинирование известных переплетений, в частности дублирование одинарных полотен вязальным способом. В работе [3] рассматриваются структуры двойного трикотажа, при вязании которого используются две системы нитей: одна – для образования петель лицевой стороны, другая – изнаночной, причем нити, провязанные в петли на одной стороне трикотажа, не выходят на другую его сторону. В соответствии с особенностями строения такой трикотаж назван Е.П. Поспеловым двухслойным. Общим для всех структур двухслойного трикотажа является то, что каждый слой представляет собой самостоятельное полотно главного, производного, рисунчатого или комбинированного переплетения. Полотна или слои соединены в процессе вязания изнаночными сторонами посредством каких-либо элементов петельной структуры так, что, распустив одно переплетение, можно сохранить другое, не нарушая петельных связей. В таком двухслойном трикотаже (назовем его клас-

сическим) соединение может быть выполнено основными или дополнительными нитями. Одна сторона такого трикотажа может отличаться от другой по волокнистому составу, линейной плотности и цвету нити.

К достоинствам классического двухслойного трикотажа можно отнести следующее:

– при достаточно высоком поверхностном заполнении изнаночную сторону можно вырабатывать из пряжи низкого качества с целью сокращения расхода дорогостоящего сырья;

– в классическом понимании роли натуральных и синтетических волокон в трикотаже для верхних, чулочных, спортивных изделий из синтетических нитей с целью улучшения гигиенических свойств для изнаночной стороны может применяться пряжа из натуральных волокон, чаще всего хлопчатобумажная;

– использование в одном трикотаже различных нитей позволяет устранить отрицательные и сохранить положительные свойства нитей.

Таким образом можно, например, существенно уменьшить деформацию в обоих направлениях (петельного ряда и петельного столбика), повысить формоустойчивость трикотажа, прочность, улучшить теплозащитные свойства, внешний вид, изменить в ту или иную сторону поверхностную плотность. У «классического» двухслойного трикотажа, кроме перечисленных выше положительных свойств (ка-

честв), есть и отрицательные. К ним можно отнести то, что такой трикотаж является двухлицевым [4], и для его производства нужны двухфонтурные машины. Классический двухслойный (двойной) трикотаж при прочих равных условиях имеет большую поверхностную плотность. Поверхностная плотность двойного трикотажа может быть определена по формуле:

$$\rho = 2 \cdot 10^{-4} \Pi_{\Gamma} \Pi_{\text{В}} \ell T,$$

где Π_{Γ} – плотность трикотажа в направлении петельного ряда; $\Pi_{\text{В}}$ – плотность трикотажа в направлении петельного столбика; ℓ – длина нити в петле; T – линейная плотность нити [5].

Поверхностная плотность одинарного трикотажа может быть определена по формуле:

$$\rho = 10^{-4} \Pi_{\Gamma} \Pi_{\text{В}} \ell T.$$

При равных условиях (значениях Π_{Γ} , $\Pi_{\text{В}}$, ℓ , T) материалоемкость двойного трикотажа в два раза больше, чем одинарного.

Двухфонтурные трикотажные машины в силу принципиальных конструктивных особенностей сложнее однофонтурных и, как правило, дороже. По той же причине скорость вязания трикотажа на двухфонтурных машинах ниже скорости вязания на однофонтурных машинах, что снижает эффективность производства трикотажа.

Вместе с тем имеются трикотажные переплетения, которые могут быть использованы для производства трикотажа с двумя и более слоями на однофонтурных машинах. В таком трикотаже слои формируются группировкой тех или иных элементов петельной структуры трикотажа – остовами, протяжками петель, дополнительными нитями. Таким образом, с экономической точки зрения вязание многослойного трикотажа на однофонтурных машинах целесообразно, так как позволяет использовать сочетание сырья разных видов без ущерба для качества и вместе с тем снижать материалоемкость трикотажа. Процессы вязания одинарного многослойного трикотажа

в метражном измерении производительнее, чем вязание классического двухслойного трикотажа комбинированными переплетениями на двухфонтурных машинах.

Таким образом, целесообразно изучение особенностей формирования кулирного многослойного трикотажа с использованием одинарных плюшевых переплетений, получение экспериментальных образцов такого трикотажа и исследование его свойств.

Значительное место в формировании ассортимента бельевого и спортивного назначения имеет трикотаж с ворсом на одной из сторон. Для формирования ворсового покрова на поверхности трикотажа широко используются плюшевые переплетения [6]. Для лучшего представления структуры трикотажа целесообразно использовать 3D-модели [7...9]. С помощью разработанной авторами библиотеки для автоматизированного проектирования и трехмерного моделирования трикотажа [10] построены 3D-модели трикотажа плюшевых переплетений (рис. 1).

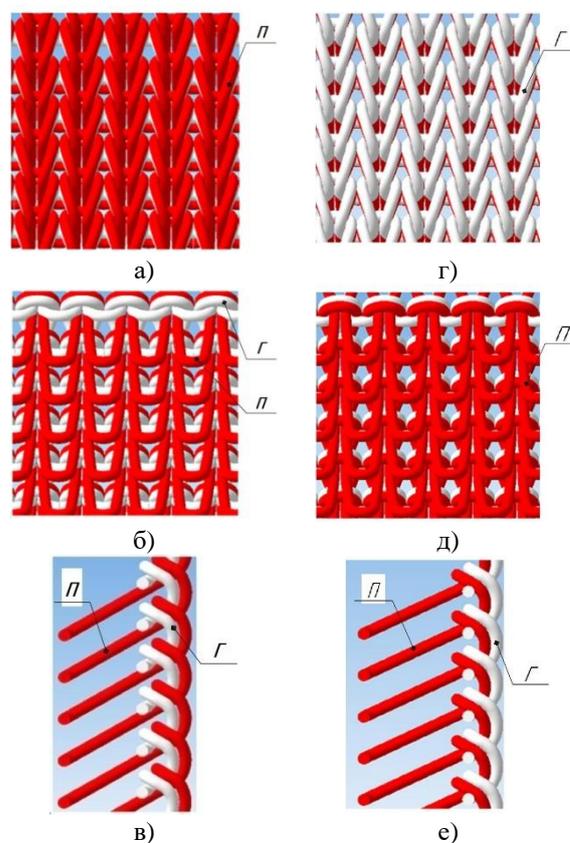


Рис. 1

Анализ построенных 3D-моделей позволил установить особенности строения трикотажа плюшевых переплетений двух различных типов. Тип 1 (рис. 1, а, б, в) характеризуется расположением плюшевой (ворсообразующей) нити П на обеих (лицевой и изнаночной) сторонах трикотажа. Грунтовая нить Г расположена внутри трикотажа. Таким образом, формируется трехслойная структура трикотажа типа 1 (рис. 2, а и рис. 1, а, б, в).

Лицевой слой 3 (рис. 2, а) образован остовами петель из плюшевой нити П (рис. 1, а). Изнаночный слой 1 (рис. 2, а) образован увеличенными протяжками плюшевой нити П (рис. 1, б, в). Слой 2 (рис. 2, а) образован из петель грунтовой нити Г (рис. 1, б, в). Этот слой расположен между лицевым (наружным) и изнаночным слоями.

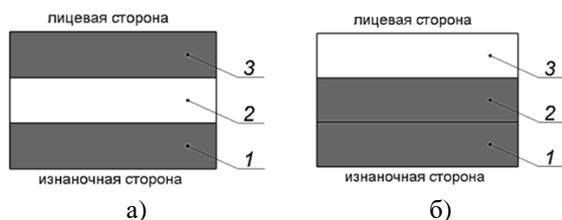


Рис. 2

Особенностью гибридного плюшевого трикотажа типа 1 является то, что наружный 3 и изнаночный 1 слои образованы из одних и тех же нитей П, а внутренний слой 2 – из других нитей Г [2].

Тип 2 характеризуется расположением плюшевой (ворсообразующей) нити 1 на изнаночной стороне трикотажа, при этом формируется слой 1 (рис. 2, б), и внутри трикотажа, соответственно образуется внутренний слой 2. Наружный слой 3 лицевой стороны образован из грунтовой нити Г (рис. 2, б и рис. 1, г, е). Таким образом, особенностью гибридного плюшевого трикотажа типа 2 является то, что изнаночный 1 и внутренний 2 слои образованы из одной нити П, а наружный (лицевой) слой 3 – из другой нити Г.

Установленные нами выше особенности структуры одинарных плюшевых переплетений позволяют целенаправленно

формировать свойства гибридного трикотажа, например с «эффектом сухости».

«Эффект сухости» лежит в основе функциональных трикотажных полотен бельёвого назначения (термобелья), способных поглощать и свободно отдавать в окружающую среду испарившуюся с поверхности тела влагу (пот), сохраняя при этом тело сухим [11, 12]. Для этого изнаночный слой, прилегающий к коже, делается из гидрофобных синтетических нитей, а лицевой наружный слой – из гидрофильных или же синтетических нитей в зависимости от того или иного вида термобелья.

Гидрофобные нити отличаются низкой гигроскопичностью, высокой износостойкостью и прочностью. К распространенным относятся: полиэфирные, полиамидные, эластомерные, полиакрилонитрильные нити и др. [13]. Гидрофильные нити отличаются высокой гигроскопичностью, капиллярностью, хорошими теплозащитными свойствами. Широко используются шерстяная, хлопчатобумажная, льняная пряжа, вискозные нити.

Разработана послойная классификация гибридного одинарного трикотажа плюшевых переплетений с разбивкой на типы (тип 1, тип 2). По расположению плюшевой нити на обеих сторонах трикотажа (лицевой и изнаночной) – тип 1. По расположению плюшевой нити только на одной стороне (изнаночной) – тип 2. Каждый тип по виду плюшевой нити включает три группы А, Б, В: А – гидрофильная нить; Б – гидрофобная нить; В – сочетание гидрофильных и гидрофобных нитей.

Каждая группа разделена на три подгруппы (I, II, III) по виду грунтовой нити: I – гидрофильная нить; II – гидрофобная нить; III – сочетание гидрофильных и гидрофобных нитей.

Схемы расположения слоев в трехслойной структуре гибридного трикотажа плюшевых переплетений типа 1 и типа 2 приведены соответственно на рис. 3, 4.

С учетом наличия тех или иных видов нитей разработаны заправочные данные трикотажа семи вариантов (табл. 1).

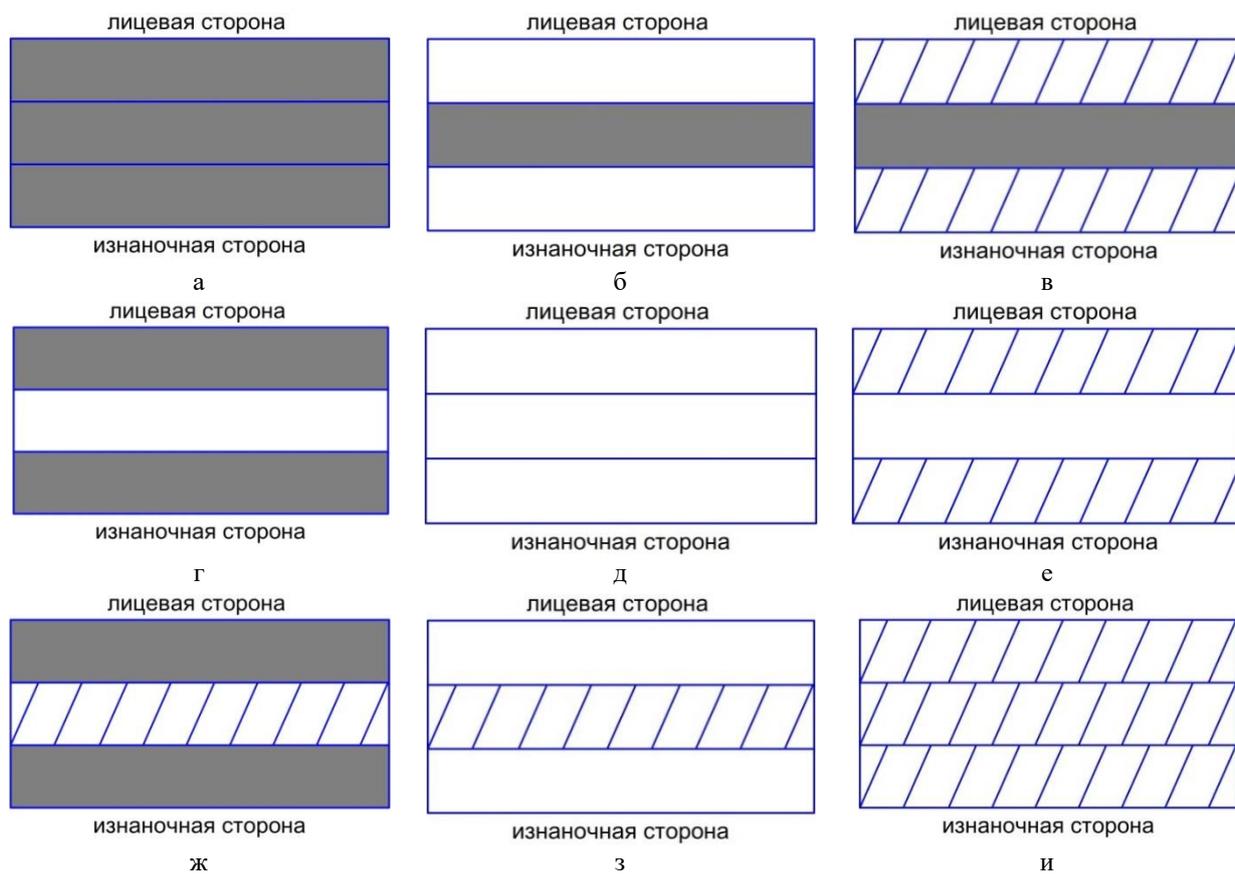


Рис. 3

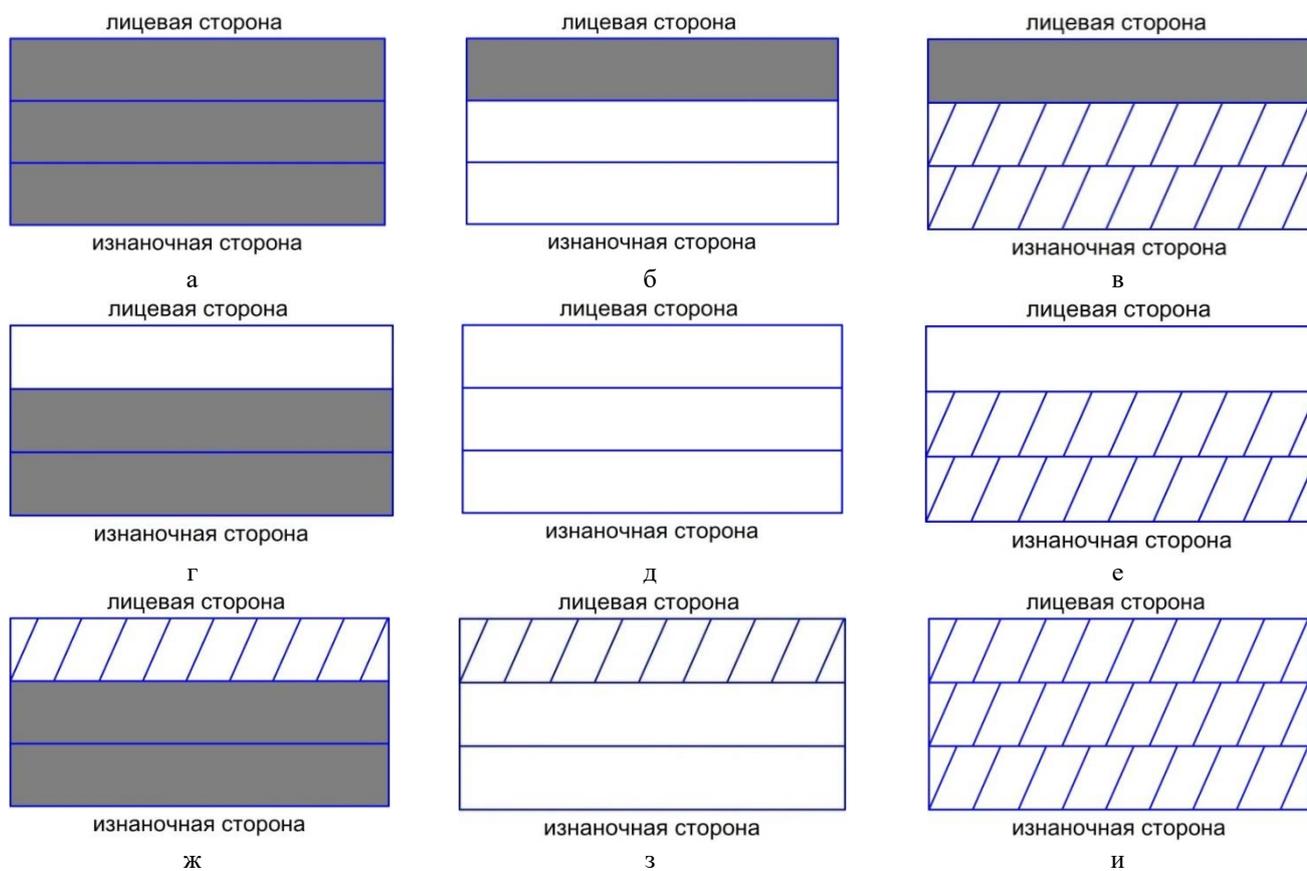


Рис. 4

№ пп	Переплетение	Вид и линейная плотность нитей, текс		
		Грунтовая нить		Ворсовая нить
1	Плюшевое Тип 1Б III	Эластомерная нить л. пл. 2,2 текс, обкрученная п/а нитью л. пл. 7,8 текс, f18	Хлопчатобумажная пряжа л. пл. 12 текс	Полиэфирная текстурированная нить л. пл. 12 текс, f 48
2	Плюшевое Тип 1Б II	Эластомерная нить л. пл. 2,2 текс, обкрученная п/а нитью л. пл. 7,8 текс, f18		Полиэфирная текстурированная нить л. пл. 18,7 текс, f 48
3	Плюшевое Тип 1Б II	Эластомерная нить л. пл. 2,2 текс, обкрученная п/а нитью л. пл. 7,8 текс, f18		Полиэфирная текстурированная нить л. пл. 16,7 текс, f 288
4	Плюшевое Тип 1Б III	Эластомерная нить л. пл. 2,2 текс, обкрученная п/а нитью л. пл. 7,8 текс, f18	Хлопчатобумажная пряжа л. пл. 12 текс	Полиэфирная текстурированная нить л. пл. 16,7 текс, f 288
5	Плюшевое Тип 1Б II	Эластомерная нить л. пл. 2,2 текс обкрученная п/а нитью л. пл. 7,8 текс, f18	Хлопчатобумажная пряжа л. пл. 12 текс	Полиэфирная текстурированная нить л. пл. 12 текс f 48
6	Плюшевое Тип 1А II	Эластомерная нить л. пл. 2,2 текс, обкрученная п/а нитью л. пл. 7,8 текс, f18		Хлопчатобумажная пряжа л. пл. 20 текс
7	Плюшевое Тип 2А II	Полиэфирная текстурированная нить л. пл. 9,2 текс, f 48		Хлопчатобумажная пряжа л. пл. 20 текс

Экспериментальные образцы трикотажа вариантов 1 – 6 (табл. 1) изготовлены на предприятии СООО «Конте СПА» с использованием машины Lonati G616. Образец варианта 7 изготовлен на ОАО «Світанак» на кругловязальной машине Jumberca.

Исследования свойств трикотажа выполнялись по стандартным методикам [14–19] в лабораториях и испытательном центре УО «ВГТУ». Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Варианты 1 (тип 1Б III), 2 (тип 1Б II), 3 (тип 1Б II), 4 (тип 1Б III) составляют группу трикотажа, у которого ворсовый слой образован из гидрофобных нитей. Эта группа отвечает условию «эффекта сухости», согласно которому слой, обращенный к источнику влаги, должен быть образован из гидрофобных волокон. Наибольшая гигроскопичность в трикотаже вариантов 1, 4 (соответственно 3,49% и 2,73%). По показателю гигроскопичности эти варианты располагаются в сторону уменьшения

следующим образом, вариант/значение: 1/3,49%; 4/2,73%; 2/1,09%, 3/0,63%.

По показателю капиллярности варианты располагаются так, вариант/значение, мм: 3/200; 4/197; 1/154; 2/116.

Вариант 3, все слои которого (изнаночный, лицевой и внутренний) образованы из синтетических гидрофобных нитей, имеет самую низкую гигроскопичность (0,63%) и самую высокую капиллярность (200 мм), что позволяет рекомендовать его для изготовления влаговыводящего термобелья.

У трикотажа варианта 4 высокие значения капиллярности (197 мм) и гигроскопичности (2,73%). Повышенная гигроскопичность в отличие от варианта 3 (0,63%) объясняется тем, что один из его слоев (внутренний) образован из сочетания гидрофобных и гидрофильных нитей. Такой трикотаж может быть рекомендован для изготовления комбинированного (влаговыводящего и согревающего) термобелья [11].

Свойства	Образцы трикотажа						
	Тип 1Б III		Тип 1Б II		Тип 1В II	Тип 1А II	Тип 2А II
	1 вар.	4 вар.	2 вар.	3 вар.	5 вар.	6 вар.	7 вар.
Толщина, мм	2,72	2,59	2,74	2,73	3,15	2,87	1,45
Поверхностная плотность, г/м ²	216	220	148	146	160	161	218
Количество петель на 100 мм вдоль петельных столбиков	80	80	70	60	90	160	95
Количество петель на 100 мм вдоль петельных рядов	150	130	125	110	140	200	100
Разрывная нагрузка, Н:							
вдоль петельных рядов	17	41	18	15	23	18	113
вдоль петельных столбиков	24	54	19	30	40	49	98
Относительное удлинение при разрыве вдоль петельных рядов, %	102	77	70	84	83	68	–
Относительное удлинение при разрыве вдоль петельных столбиков, %	59	72	61	83	84	64	–
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с	424	162	1315	1570	864	755	365
Гигроскопичность, %	3,49	2,73	1,09	0,63	5,24	5,58	4,89
Капиллярность, мм	154	197	116	200	128	173	115
Необратимая деформация вдоль петельных рядов, %	10	3	5	5	5	11	1
Необратимая деформация вдоль петельных столбиков, %	3	4	3	5	7	6	2

Особый интерес представляет трикотаж варианта 7, тип 2А II. В таком трикотаже ворсовый (изнаночный) и внутренний слой образованы из гидрофильных нитей, а лицевой – из гидрофобных. Благодаря этому трикотаж обладает высокой гигроскопичностью (4,89%) и достаточно высокой капиллярностью (115 мм). Для обеспечения «эффекта сухости» при пошиве трикотажного изделия данный трикотаж должен использоваться ворсовой (изнаночной) стороной наружу.

Трикотаж вариантов 5, 6 имеет трехслойную структуру (рис. 3, г, е), высокие значения показателей гигроскопичности (5,24% и 5,58%) и капиллярности (128 мм и 173 мм), однако порядок расположения слоев не обеспечивает «эффекта сухости». Данный трикотаж может использоваться для традиционных бельевых изделий и трикотажных изделий с антимикробным действием. В последнем случае для создания антимикробного эффекта рекомендуется в качестве грунтовых нитей использовать специальные антимикробные нити [20].

ВЫВОДЫ

1. Разработана классификация кулирного одинарного гибридного трикотажа плюшевых переплетений, включающая два

типа, три группы, три подгруппы – всего 18 вариантов.

2. Разработаны заправки для вязания гибридного трикотажа семи вариантов.

3. Изготовлены экспериментальные образцы кулирного одинарного гибридного трикотажа плюшевых переплетений из гидрофильных и гидрофобных нитей.

4. Исследованы свойства полученных образцов гибридного трикотажа плюшевых переплетений.

5. Даны рекомендации по использованию гибридного трикотажа плюшевых переплетений для изготовления термобелья с условием обеспечения «эффекта сухости».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сергеев В.Т., Николаев С.Д.* Разработка новых 3D-тканей и тканых препрегов // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: сб. науч. ст. Витебск: ВГТУ, 2018. С. 71...74.
2. *Charkovskij A., Bykouski D., Samoilov A.* Development of the Lower Limb Stump Prosthetic Sock // AIP Conference Proceedings. 2022. № 2430. P. 080001-1...080001-5
3. *Поспелов Е.П.* Двухслойный трикотаж. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
4. *Далидович А.С.* Основы теории вязания. М.: Легкая индустрия, 1970.
5. *Кудрявин Л.А., Шалов И.И.* Основы технологии трикотажного производства. М.: Легпромбыт-издат, 1991.

6. Марисова О.И. Трикотажные и рисунчатые переплетения. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
7. Zhang A., Li X., Jiang G., Dong Zh., Cong H. 3-D simulation of double-bar plush fabrics with jacquard patterns // AUTEX Research Journal. 2018. V. 18. №3. P. 243...250.
8. Xiong Y., Miao X., Zhang A., Jiang G. Computer simulation for warp knitted brushed fabric with patterned piles // Textile Research Journal. 2016. V. 86. №15. P. 1659...1667.
9. Zhang A., Li X., Ma P., Xiong Y., Jiang G. 3D simulation model of warp-knitted patterned velvet fabric // International Journal of Clothing Science and Technology. 2016. V. 28. № 6. P. 794...804.
10. Быковский Д.И., Чарковский А.В. Разработка библиотеки для 3D-моделирования многослойного гибридного трикотажа управляемой структуры // Материалы и технологии. 2021. № 2 (8). С. 24...30.
11. Колесников Н.В. Исследование влаговыводящих свойств функциональных трикотажных полотен бельевого назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. № 1 (337). С. 15...17.
12. Катаева, С.Б., Немирова Л.Ф., Ташпулатов С.Ш., Муминова У.Т., Жилисбаева Р.О. Исследование трикотажных полотен для термобелья повседневного использования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5. С. 154...158.
13. Быковский Д.И., Чарковский А.В. Обоснование выбора сырья для изготовления гибридного трикотажа с повышенными гигиеническими свойствами // Матер. докл. 55-й междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов. В 2 т. Витебск, 2022. Т. 2. С. 310...312.
14. ГОСТ 12023-2003. Материалы текстильные. Метод определения толщины.
15. ГОСТ 8845-87. Полотна и изделия трикотажные. Метод определения влажности, массы и поверхностной плотности.
16. ГОСТ 8846-87. Полотна и изделия трикотажные. Метод определения линейных размеров, перекоса, числа петель и петельных столбиков и длины нити в петле.
17. ГОСТ 12088-77. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости.
18. ГОСТ 8847-85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных.
19. ГОСТ 3816-81. Полотна текстильные. Метод определения гигроскопичности и водоотталкивающих свойств.
20. Серебрякова Е.А., Чарковский А.В. Использование антимикробных нитей в чулочно-носочном производстве // Матер. докл. 49 междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов. В 2 т. Витебск, 2016. Т. 2. С. 260...261.
1. Sergeev V.T., Nikolaev S.D. Development of new 3D fabrics and woven prepregs // Innovative Technologies in the Textile and Light Industry Book of scientific papers. Vitebsk: VSTU, 2018. P.71...74.
2. Charkovskij A., Bykouski D. Samoilo A. Development of the Lower Limb Stump Prosthetic Sock // AIP Conference Proceedings. 2022. № 2430. P. 080001-1...080001-5
3. Pospelov E.P. Two-Layer Knitted Fabrics. M.: Light and food industry, 1982.
4. Dalidovich A.S. Basics of Knitting Theory. M.: Light Industry, 1970.
5. Kudrjavina L.A., Shalov I.I. Fundamentals of knitting technology. M.: Legprombytizdat, 1991.
6. Marisova O.I. Knitted and patterning structures. M.: Light industry and food industry, 1984.
7. Zhang A., Li X., Jiang G., Dong Zh., Cong H. 3-D simulation of double-bar plush fabrics with jacquard patterns // AUTEX Research Journal. 2018, V. 18. № 3. P. 243...250.
8. Xiong Y., Miao X., Zhang A., Jiang G. Computer simulation for warp knitted brushed fabric with patterned piles // Textile Research Journal. 2016. V. 86. №15. P. 1659...1667.
9. Zhang A., Li X., Ma P., Xiong Y., Jiang G. 3D simulation model of warp-knitted patterned velvet fabric // International Journal of Clothing Science and Technology. 2016. V. 28. № 6. P. 794...804.
10. Bykovskij D., Charkovskij A. Development of the Library for 3D Modeling of Hybrid Multilayer Knit of Regulated Structure // Materials and Technologies. 2021. № 2 (8). P. 24...30.
11. Kolesnikov N.V. Research of the water transpiration properties of functional knitted fabrics for underwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. № 1 (337). P. 15...17.
12. Kataeva S.B., Nemirova L.F., Tashpulatov S.Sh., Muminova U.T., Zhilisbaeva R.O. Research of knitted fabrics for daily use thermal fabric // Izvestiy Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. № 5 (383). P. 154...158.
13. Chernjavskaja A.O., Bykovskij D.I., Charkovskij A.V. Rationale for the choice of raw materials for the production of hybrid knitted fabrics with improved hygienic properties // Proceedings of the 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students in two volumes. W. 2. Vitebsk, 2022. P. 310...312.
14. GOST 12023-2003. Textile materials and articles of them. Method of thickness determination.

15. GOST 8845-87. Knitted fabrics and garments. Methods for determination of moisture, mass and surface density.

16. GOST 8846-87. Knitted fabrics and garments. Methods for determination of linear dimensions, distortion, number of courses and wales and yarn length in the loop.

17. GOST 12088-77. Textile materials and articles of them. Method of determination of air permeability.

18. GOST 8847-85. Knitted fabrics. Methods for determination of breaking characteristics and extensibility under loads less than breaking loads.

19. GOST 3816-81. Textile fabrics. Methods for determination of hygroscopic and water-repellent properties.

20. Serebrjakova E.A., Charkovskij A.V. Use of antimicrobial yarns in hosiery production // Proceedings of the 49th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students in two volumes. W.2. Vitebsk, 2016. P. 260...261.

Рекомендована кафедрой информационных систем и технологий ВГТУ. Поступила 13.01.22.

УДК 677.023.75.027

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_150

**ЗАГУЩАЮЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ
ДЛЯ НАБИВКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ****THICKENING THE POLYMER COMPOSITION
FOR PRINTING ON COTTON FABRIC***М.Р. АМОНОВ¹, Ф.Б. ИБРАГИМОВА¹, М.М. АМОНОВА², А.К. НИЁЗОВ³, Б.Ш. ГАНИЕВ¹**M.R. AMONOV¹, F.B. IBRAGIMOVA¹, M.M. AMONOVA², A.K. NIYOZOV³, B.SH. GANIEV¹*¹Бухарский государственный университет, Республика Узбекистан,²Бухарский инновационный медицинский институт, Республика Узбекистан,³Бухарский государственный педагогический институт, Республика Узбекистан)¹Bukhara State University, Republic of Uzbekistan,²Bukhara Innovative Medical Institute, Republic of Uzbekistan,³Bukhara State Pedagogical Institute, Republic of Uzbekistan)

E-mail: ximiya@mail.ru, b.sh.ganiyev@buxdu.uz

В настоящей статье рассмотрены вопросы усовершенствования традиционных методов получения загущающих композиций для печати активными красителями. Выявлено, что введение серицина и Na-КМЦ в состав загустителя печатных красок на основе модифицированного крахмала способствует улучшению печатно-технических свойств красок. Показано, что такие технические показатели, как устойчивость получаемых окрасок к мокрым обработкам, прочность к трению, интенсивность окраски, гриф, практически близки к результатам с использованием альгинатной загустки, но превосходят результаты, полученные с использованием загустителей на основе модифицированного крахмала. Целесообразность применения печатных красок на основе таких загусток обусловлена исключением взаимодействия хромофорных анионов красителя с функциональными группами полимеров, наличием в составе композиции щелочного агента, выполняющего функцию активатора загущения, и созданием среды для образования ковалентной связи между красителем и волокном. Выявлено, что применение крахмальной загустки для печати хлопчатобумажной ткани активными красителями не обеспечивает достаточной устойчивости окрасок текстильного материала к сухому трению (2 балла) и придает ему повышенную жесткость (в 6,7 раза). Для устранения этих недостатков в состав рекомендуемой печатной композиции, кроме модифи-

цированного крахмала и КМЦ, введен раствор серицина, при этом показатель жесткости (в 2,7...6,7 раза) практически снижается до уровня альгинатной загустки (в 1,8 раза) (изменения в интервале 0,2...1,1). При соблюдении количественного соотношения компонентов, входящих в состав композиции, достигается снижение жесткости ткани, получение ярких и прочных окрасок, степень фиксации активных красителей до 95...96%. Определено, что количество десорбированного активного красителя в процессе интенсивной промывки напечатанной ткани в основном зависит от количества компонентов Na-КМЦ и серицина, входящих в состав композиции. Благодаря применению разработанной композиции как загустителя печатных красок достигается снижение расхода и стоимости химических материалов и повышение экологической безопасности при работе текстильно-отделочных предприятий.

This article discusses the issues of improving traditional methods for obtaining thickening compositions for printing with active dyes. It was found that the introduction of sericin and Na-CMC into the composition of the printing ink thickener based on modified starch improves the printing and technical properties of inks. It is shown that such technical indicators, the resistance of the resulting colors to wet treatments, friction strength, intensity, neck are practically close to the results using an alginate thickener, but in almost all indicators they are superior to the results obtained using modified starch-based thickeners. The expediency of using printing inks based on such thickeners is due to the exclusion of the interaction of chromophore anions of the dye with functional groups of polymers, the presence in the composition of an alkaline agent that acts as a thickening activator and creates an environment for the formation of a covalent bond between the dye and fiber. It was found that the use of starch thickener for printing cotton fabric with active dyes does not provide sufficient color stability of the textile material to dry friction (2 points) and gives it increased rigidity (6.7 times). To eliminate these shortcomings, the composition of the recommended printing composition, except for the modified starch and CMC, a solution of sericin was introduced, while the hardness index (2.7...6.7 times) practically decreases to the level of alginate thickener (1.8 times), (changes in the range of 0.2...1.1). Subject to the quantitative ratio of the components that make up the composition, a decrease in the stiffness of the fabric, obtaining bright and durable colors, and the degree of fixation of active dyes up to 95...96% are achieved. It was determined that the value of the amount of desorbed active dye in the process of intensive washing of the printed fabric mainly depends on the amount of Na-CMC and sericin components that are part of the composition. Thanks to the use of the developed composition as a thickener for printing inks, a reduction in the consumption and cost of chemical materials and an increase in environmental safety during the work of textile and finishing enterprises are achieved.

Ключевые слова. Загустка, фиксация, активный краситель, серицин, крахмал, степень фиксации, устойчивость окраски, интенсивность, степень проникновения.

Keywords: thickener, fixation, active dye, sericin, starch, degree of fixation, color stability, intensity, degree of penetration.

Введение

На современном этапе развития текстильной промышленности при выпуске набивных тканей в основном используются пигменты и активные красители. Доля этих красителей по сравнению с другими классами красящих веществ достигает до 80%. Несмотря на преимущества печатания вышеуказанными красителями решение ряда технологических проблем остается актуальной задачей. Выбор загустителя во многом зависит от его реологических и печатно-технических свойств, а также качества расцветки набивной ткани. Необходимо отметить, что на текстильных предприятиях крахмал и его производные в основном применяют как дешевые загустки при печати холодными красителями [1-7]. При этом использование крахмала в качестве загустителя имеет ряд недостатков, а именно: он вступает в химическое взаимодействие с активными красителями, снижая выход красителя на ткани, а это в свою очередь приводит к значительному перерасходу крахмала и красителя, а также некачественной отмывке гидролизованного красителя с поверхности ткани.

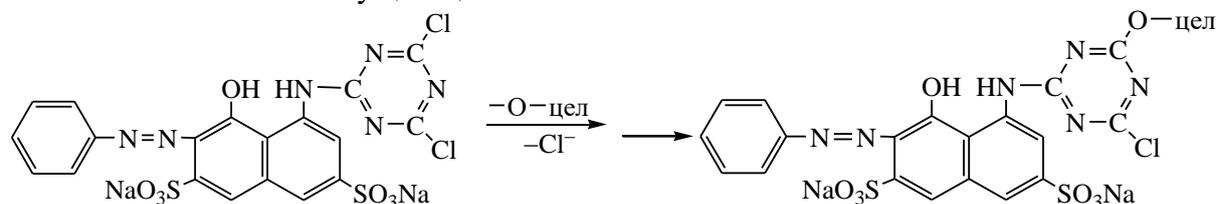
В этой связи разработка технологии получения загущающих полимерных композиций на основе модифицированного крахмала, серицина и сильно набухающей карбоксиметилцеллюлозы для печати хлопчатобумажной ткани активными красителями является актуальной и перспективной.

Серицин, который является одним из основных компонентов загущающих си-

стем, по своим свойствам отвечает тем требованиям, которые предъявляются к загущающим компонентам. Это природный клей, образующий прочные, гладкие пленки, хорошо растворим в воде, не токсичен и экологически безопасен.

В результате наличия свободных карбоксильных и аминогрупп в составе серицина между ним и целлюлозой возможно межмолекулярное взаимодействие, которое может быть достаточным для связывания серицина с целлюлозным волокном, тем более что в макромолекуле серицина имеются фибриллярные участки. Известно, что вторичная структура серицина имеет складчатую β -форму и в силу своего химического строения объемные боковые цепи [13-17]. При печатании рыхлая структура пленки серицина на волокне не препятствует диффузии и адсорбции красителя к волокну, а имеющиеся в серицине свободные функциональные группы боковых цепей могут образовывать химические связи с волокном, обеспечивая тем самым прочность окраски. На прочность и устойчивость окраски будет влиять также то, что ввиду большой полярности молекулы серицина увеличиваются силы межмолекулярного взаимодействия волокна и красителя [18-21].

Образование ковалентной связи между целлюлозным волокном и активным ярким красным 8X можно представить формулой:



Экспериментальная часть

Реактивы и материалы. В работе использовались модифицированный крахмал, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы и серицин, физико-химические свойства которых изложены в работе [22-23].

Приборы. Устойчивость окраски определяли:

а) к стирке по ГОСТу 9733.4-83;

б) к сухому и мокрому трению по ГОСТу 9733.27-83.

Условия проведения эксперимента. Печатно-технические свойства набивных хлопчатобумажных тканей при использовании рекомендуемой полимерной композиции являются значимыми, и поэтому от них зависит эффективность внедрения создаваемой технологии в производство.

В результате проведенного лабораторного и опытно-промышленного эксперимента получены сравнительные данные, характеризующие качество печати хлопчатобумажных тканей при использовании рекомендуемого и фабричного загустителя (табл. 1). Показано, что по показателям устойчивости окрасок к мокрым обработ-

кам, интенсивности, прочности окрасок к трению и жесткости напечатанной ткани полученные с рекомендуемым составом результаты практически близки к результатам альгинатной загустки, но почти по всем показателям превосходят загустители на основе модифицированного крахмала.

Таблица 1

Показатели качества	Состав загустителя			
	фабричный		рекомендуемый	
	на основе альгината	на основе модифицированного крахмала	на основе модифицированного крахмала и КМЦ	на основе модифицированного крахмала, КМЦ и серицина
Устойчивость окраски к сухому трению, балл	5	2	3	4
Устойчивость окраски к мокрому трению, балл	4	3	4	4
Устойчивость окраски к стирке, балл	5/5	4/3	5/4	5/5
Интенсивность окраски F(R)	18,6	13,8	17,4	18,5
Увеличение жесткости, раз	1,6	6,7	2,7	1,8

Метрологическая обработка. Расчет метрологических характеристик представленных методик проводили в соответствии с [24].

Результаты и их обсуждение

Применение в качестве загустителя печатных красок модифицированного крахмала, образующего прочную пленку на поверхности ткани, приводит к повышению ее жесткости, что не характерно для печатания активными красителями. В связи с этим предложено использовать загущающую полимерную композицию, образующую пленки с повышенной эластичностью.

Кроме того, анализ данных табл. 1 показывает, что активные красители на основе крахмальной загустки недостаточно обеспечивают устойчивость окрасок хлопчатобумажной ткани к сухому трению (2 балла) и придают напечатанной ткани повышенную жесткость (в 6,7 раза). С целью решения данной проблемы в состав рекомендуемой печатной композиции, кроме модифицированного крахмала и КМЦ, был введен раствор серицина, при этом показатель жесткости (в 2,7...6,7 раза) практически сни-

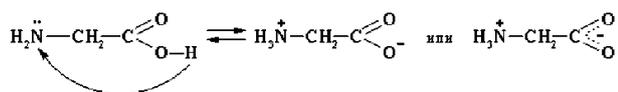
зился до уровня альгинатной загустки (в 1,8 раза) (изменения в интервале 0,2...1,1).

Изменения значений показателей качества окраски для ткани, ошлихтованной серицином, по сравнению с контрольными образцами, объясняются, на наш взгляд, влиянием серицина.

Химический состав и строение молекулы серицина обуславливают образование устойчивых связей между серицином и молекулой волокна. Эти же причины, то есть большое число функциональных групп, имеющих в боковых цепях макромолекулы серицина, способствуют образованию химической связи между серицином и молекулой красителя при печатании. Серицин, закрепленный на волокне при печатании, может также образовывать химические связи с молекулой красителя за счет свободных функциональных групп, не принявших участие в связывании с волокном, и таким образом молекулы красителя как бы сшивают ткань и обеспечивают устойчивость окраски. Функциональные группы серицина делают возможным образование ковалентной, ионной, водородной связи. Вероятно также возникновение ван-дер-

ваальсовых сил межмолекулярного взаимодействия.

Известно, что остатки аминокислот в белках существуют в виде цвиттер-ионов:



Считается, что сродство красителя к волокну должно повышаться, если поляризация, вызываемая сульфогруппами, направлена перпендикулярно к длине молекулы и по возможности равномерно распределяется по всей молекуле. Сравнение химического состава и строения выбранных для эксперимента красителей ярко-красного 5СХ и бирюзового 23Т показыва-

ет, что исходя из данной теории краситель ярко-красный 5СХ должен иметь большее сродство к целлюлозе, а следовательно, давать и большую интенсивность окраски.

Результаты исследований показали важность соблюдения количественного соотношения в загущающей системе, а именно: крахмала в пределах 5,0...5,5%, Na-КМЦ – 0,2...0,3% и серицина – 0,15...0,2%. При этом достигается снижение жесткости ткани, получение ярких и прочных окрасок, отсутствие выраженного растекания краски за пределы контура рисунка при полной степени пропечатки ткани. Степень фиксации активных красителей (после промывки напечатанных образцов) находится на высоком уровне (95...96%).

Таблица 2

Показатели качества печати	Загустка фабричная на основе альгината, 4,5 %	Загустка на основе модифицированного крахмала, Na-КМЦ и серицина при концентрации 5,0; 0,3 и 0,2% соответственно
Устойчивость окраски к сухому трению, балл	5	5
Устойчивость окраски к мокрому трению, балл	5	4
Устойчивость окраски к стирке, балл	5/5	5/4
Интенсивность окраски, %	10,6	11,9
Жесткость ткани, мкН·см ²	1300	1430
Степень фиксации активного красителя, %	96,5	95,2
Разнооттеночность, %	–	95,2
Степень проникновения, %	94,3	92,5

Анализ образцов напечатанных рекомендуемыми составами тканей с точки зрения повышения механической прочности напечатанной хлопчатобумажной ткани представлен на рис. 1 (1 – ненапечатанная х/б ткань; 2 – сольвитоза – 6,0%; 3 – импринт – 5,5%; 4 – альгинат натрия – 4,0%; 5 – модифицированный крахмал – 7,0%; 6 – модифицированный крахмал – 5,0 и серицин – 0,2%; 7 – модифицированный крахмал – 5,0 и КМЦ – 0,3%; 8 – модифицированный крахмал – 5,0; КМЦ – 0,3 и серицин – 0,2%).

В целом применение предлагаемых полимерных загущающих композиций позволяет улучшить и расширить свойства напечатанной ткани и потребительские качества текстильных изделий, что является основными показателями для выпускаемой продукции.

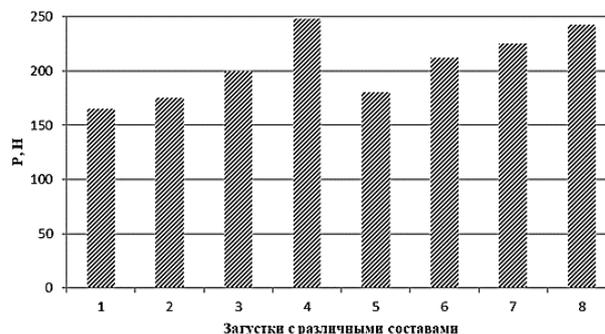


Рис. 1

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований разработаны технологии печатания хлопчатобумажных текстильных материалов активными красителями с применением новых типов загущающих систем на основе модифицированного крахмала. Показана эффективность введения в состав загустки

дополнительных компонентов – КМЦ и серицина. Определен оптимальный состав композиционных загустителей на основе натуральных (модифицированный крахмал) и синтетических (КМЦ и серицин) полимеров для печатания хлопчатобумажных тканей активными красителями. Печать хлопчатобумажной ткани разработанными загущающими композициями позволяет снизить расход и стоимость химических материалов, а также повысить экологическую безопасность при работе отделочных предприятий. Доказана возможность получения при их применении четких контуров рисунков с высокими показателями интенсивности и прочности окрасок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Nazarov S.I., Yariev O.M., Sharipov M.S., Muzaffarov D.Ch., Nazarov I.I.* Starch modified with phosphate salts for applications in different branches of industry // 23rd Discussion conference «Current and future trends in polymeric materials» Prague-2005. Book of abstracts. P. 52...53.
2. *Назаров С.И., Яриев О.М., Назаров И.И., Равшанов К.А.* Модифицирование крахмала для применения его при печатании тканей активными красителями // Узбекский химический журнал. Ташкент, 2009. №2. С. 57...60.
3. *Ниёзов Э.Д., Ёриев О.М., Шарипов М.С., Раззоков Х.К.* Структурообразование в растворах загущающих композиций на основе производных полисахаридов и синтетических полимеров // Композиционные материалы. Ташкент, 2009. №4. С. 6...10.
4. *Амонов М.Р.* Оптимизация состава композиции для загустки ткани // Пластические массы. 2002. №9. С. 44...45.
5. *Ибрагимова Ф.Б., Амонов М.Р., Ихтиярова Г.А.* Оценка влияния сродства композиции загустки на предел текучести и фиксации печатной краски // Пластические массы. 2002. №10. С. 42.
6. *Шарипов М.С., Яриев О.М., Равшанов К.А., Амонов М.Р.* Микроструктура загущающих композиций на основе окисленной модификации крахмала // Пластические массы. 2008. №7. С. 55...57.
7. *Шарипов М.С., Яриев О.М., Равшанов К.А., Амонов М.Р., Рузиева Р.* Степень фиксации активных красителей при печатании с композиционным загустителем на основе окисленного крахмала // Композиционные материалы. Ташкент, 2007. №3. С. 93...95.
8. *Епишкина В.А., Целмс Р.Н., Васильев В.К., Киселев А.М.* Реологические и печатные свойства синтетических загустителей для пигментной печати // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2006. № 6. С. 70...72.
9. *Епишкина В.А.* Комплексная технология отделки тканей специального назначения // Вестник СПГУТД. 2011. № 2. С. 17...20.
10. *Захарченко А.С., Меленчук Е.В., Козлова О.В.* Эффективная технология совмещенного крашения и отделки текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 6. С. 41...45.
11. *Меленчук Е.В., Захарченко А.С., Козлова О.В.* Технология крашения текстильных материалов пигментами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 7. С. 37...40.
12. *Шагина Н.А.* Новые технологии в текстильной промышленности // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2008. № 10. С. 100...101.
13. *Кузнецова Е.Э., Третьякова А.Е., Сафонов В.В.* Исследование реологических показателей печатных композиций на основе загустителей различной природы, оптимальных для трафаретной печати // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. №1. С. 77...82.
14. *Куваева Е.Ю., Одинцова О.И., Мельников Б.Н., Андреев К.Л.* Использование новых ПАВ для упрочнения окрасок тканей, колорированных прямыми красителями // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. №1. С. 54...57.
15. *Кротова М.Н., Одинцова О.И., Мельников Б.Н.* Исследование влияния катионных поверхностно-активных веществ на состоянии активных красителей в растворе // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2006. Т.49. № 7. С. 63...66.
16. *Одинцова О.И., Кротова М.Н., Куваева Е.Ю.* Влияние неионогенных ПАВ на солюбилизацию дисперсных красителей // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2009. Т.52. № 7. С. 65...68.
17. *Погорелова А.С., Ващурина И.Ю., Калинин Ю.А.* Применение гуминовых кислот в ронгалитно-поташной технологии печатания текстильных материалов кубовыми красителями // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2006. № 1. С. 55...59.
18. *Алеева С.В., Забываева О.А., Кокишаров С.А.* Влияние текстильных вспомогательных веществ на деструкцию хлопкового волокна при щелочной отварке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. №2. С. 64...67.
19. *Волков В.А., Щукина Е.Л., Амарлуи А., Агеев А.А., Куклева К.К., Елеев А.Ф.* Нанотехнология молекулярного наслаивания при антиадгезионной модификации волокон тканей // Химические волокна. 2008. № 2. С. 34...40.
20. *Ниёзов Э.Д., Ёриев О.М., Шарипов М.С., Раззоков Х.К.* Структурообразование в растворах загущающих композиций на основе производных полисахаридов и синтетических полимеров // Композиционные материалы. Ташкент, 2009. №4. С. 6...10.
21. *Ниёзов Э.Д., Шарипов М.С., Яриев О.М.* Вязкостно-когезионные свойства загущающих композиций на основе карбоксиметилкрахмала //

Узбекский химический журнал. Ташкент, 2010. № 4. С. 56...57.

22. Козлова О.В., Меленчук Е.В. Использование отечественных полимеров при создании световозвращающих текстильных материалов // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2013. Т. 56. № 2. С. 121...123.

23. Калугина М.С., Михайловская А.П., Киселев А.М. Крашение полиамидной ткани // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2016. Сер.1. № 2. С. 78...81.

24. ISO 5725.1-6 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Ч. 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений.

REFERENCES

1. Nazarov S.I., Yariev O.M., Sharipov M.S., Muzaffarov D.Ch., Nazarov I.I. Starch modified with phosphate salts for applications in different branches of industry // 23rd Discussion conference «Current and future trends in polymeric materials» Prague-2005. Book of abstracts. Pp. 52...53.

2. Nazarov S.I., Yariev O.M., Nazarov I.I., Ravshanov K.A. Modification of starch for its use in printing fabrics with active dyes // Uzbekskiy ximicheskii jurnal. Tashkent, 2009. N. 2. Pp. 57...60.

3. Niyozov E.D., Yariev O.M., Sharipov M.S., Razzokov H.K. Structure Formation in solutions of thickening compositions based on polysaccharide derivatives and synthetic polymers // Kompozitsionnie materiali. Tashkent, 2009. N. 4. Pp. 6...10.

4. Amonov M.R. Optimizing the composition of the composition for tissue thickening // Plasticheskie massi. 2002. No. 9. Pp. 44...45. (in Russian)

5. Ibragimova F.B., Amonov M.R., Ikhtiyarova G.A. Evaluation of the effect of the affinity of the thickener composition on the yield strength and fixation of the printing ink. // Plasticheskiemassi. 2002. N. 10. P. 42. (in Russian)

6. Sharipov M.S., Yariev O.M., Ravshanov K.A., Amonov M.R. Microstructure of thickening compositions based on oxidized modification of starch // Plasticheskie massi. 2008. N. 7. Pp. 55...57. (in Russian)

7. Sharipov M.S., Yariev O.M., Ravshanov K.A., Amonov M.R., Ruzieva R. The degree of fixation of active dyes when printing with a composite thickener based on oxidized starch // Kompozitsionnie materiali. Tashkent, 2007. N. 3. Pp. 93...95.

8. Yepishkina V.A., Selms R.N., Vasiliev V.K., Kiselev A.M. Rheological and printing properties of synthetic thickeners for pigment printing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2006. N. 6. Pp. 70...72. (in Russian)

9. Yepishkina V.A. Complex technology of finishing special-purpose fabrics // Vestnik SPGUTD. 2011. N. 2. Pp. 17...20.

10. Zakharchenko A.S., Melenchuk E.V., Kozlova O.V. Effective technology of combined dyeing and

finishing of textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. N. 6. Pp. 41...45. (in Russian)

11. Melenchuk E.V., Zakharchenko A.S., Kozlova O.V. Technology of dyeing textile materials with pigments // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. N. 7. Pp. 37...40. (in Russian)

12. Shagina N.A. New technologies in the textile industry // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. Texnicheskie nauki. 2008. N. 10. Pp. 100...101.

13. Kuznetsova E.E., Tretyakova A.E., Safonov V.V. Study of rheological parameters of printed compositions based on thickeners of various nature optimal for screen printing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2005. N. 1. Pp. 54...57. (in Russian)

15. Krotova M.N., Odintsova O.I., Melnikov B.N. Investigation of the effect of cationic surfactants on the state of active dyes in solution // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2006. T. 49. N. 7. Pp. 63...66. (in Russian)

16. Odintsova O.I., Krotova M.N., Kuvaeva E.Yu. Influence of non-ionic surfactants on solubilization of dispersed dyes // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2009. Vol. 52. N. 7. Pp. 65...68. (in Russian)

17. Pogorelova A.S., Vashurina I.Yu., Kalinnikov Yu.A. Application of humic acids in rongalite-potash technology for printing textile materials with cube dyes // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2006. N. 1. Pp. 55...59. (in Russian)

18. Aleeva S.V., Zabyvaeva O.A., Koksharov S.A. Influence of textile auxiliary substances on the destruction of cotton fiber during alkaline welding // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2007. N. 2. Pp. 64...67.

19. Volkov V.A., Shchukina E.L., Amarlui A., Ageev A.A., Kukleva K.K., Eleev A.F. Nanotechnology of molecular layering for anti-adhesive modification of tissue fibers // Ximicheskie volokna, 2008. N. 2. Pp. 34...40.

20. Niyozov E.D., Yariev O.M., Sharipov M.S., Razzokov H.K. Structure formation in solutions of thickening compositions based on polysaccharide derivatives and synthetic polymers // Kompozitsionnie materiali. Tashkent, 2009. N. 4. Pp. 6...10.

21. Niyozov E.D., Sharipov M.S., Yariev O.M. Viscous-cohesive properties of thickening compositions based on carboxymethyl starch // Uzbekskiy ximicheskii jurnal. Tashkent, 2010. N. 4. Pp. 56...57.

22. Kozlova O.V., Melenchuk E.V. The use of domestic polymers in the creation of retroreflective textile materials // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2013. T. 56. N. 2. Pp. 121...123. (in Russian)

23. Kalugina M.S., Mikhailovskaya A.P., Kiselev A.M. Dyeing of polyamide fabric // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta texnologii i dizayna. 2016. N. 2. Pp. 78...81.

24. ISO 5725.1-6 Accuracy (accuracy and precision) of measurement methods and results. Part 2. The main method for determining the repeatability and reproducibility of a standard measurement method.

Рекомендована кафедрой химии Бухарского государственного университета. Поступила 27.03.20.

УДК 681.62.066.13.3:676.224.1
DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_157

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ САМОНАКЛАДА ПРИ ПЕЧАТИ НА БУМАГЕ С МАЛОЙ ПЛОТНОСТЬЮ

MANAGEMENT OF SELF-FEEDER MODE WHEN PRINTING ON PAPER WITH LOW DENSITY

Х.А. БАБАХАНОВА, М.М. АБДУНАЗАРОВ, И.Г. ШИН, З.К. ГАЛИМОВА

H.A. BABAKHANOVA, M.M. ABDUNAZAROV, I.G. SHIN, Z.K. GALIMOVA

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Uzbekistan)

E-mail: halima300@inbox.ru; abdunazarov.1977@mail.ru;
i.g.shin04@gmail.com; z.galimova8282@mail.ru

Предложена методика расчета режимных параметров отделения и транспортировки бумаги с малой плотностью (пухлой) в самонакладе печатной машины. Использован силовой анализ условий отделения и транспортировки листа листоподающей системы офсетной печатной машины при печати на бумаге с малой плотностью. В результате моделирования нагружения отделяющего листа в виде равномерно распределенной нагрузки от массы листа на балку с шарнирно-подвижными опорами получена эпюра поперечных сил. Предложенная методика рекомендуется для использования в задачах управления, где требуется поддержание постоянства показателей качества оттисков, например, при управлении процессом печати на бумагах с различной плотностью.

A method for calculating the regime parameters for separating and transporting paper with a low density (puffy) in the feeder of a printing machine is proposed. A force analysis of the conditions for separation and transportation of a sheet of a sheet-feeding system of an offset printing machine was used when printing on paper with a low density. Simulating the loading of the separating sheet in the form of a uniformly distributed load from the mass of the sheet on the beam with hinged-movable supports, a diagram of transverse forces was obtained. The proposed technique is recommended for use in control tasks where it is required to maintain the consistency of print quality indicators, for example, when controlling the printing process on papers with different densities.

Ключевые слова: пухлая бумага, самонаклад, режимные параметры, сила вакуума, эпюра поперечных сил.

Keywords: fluffy paper, feeder, operating parameters, vacuum force, transverse force diagram.

В полиграфии офсетный способ печати широко распространен благодаря обеспечению высокой графической точности воспроизведения мелких деталей, хорошей передаче полутонов и использованию широкого спектра бумаг, в том числе дизайнерских [1]. Однако при печати переход и замена бумаги в зависимости от вида печатной продукции влияет на стабильное качество воспроизведения, причиной чего являются ее различные структурные свойства, значениями которых нельзя управлять при печати. Достичь постоянства единичных показателей качества оттисков возможно при управлении режимными параметрами печатной машины [2], [3]. Определение рациональных значений управляемых (режимных) параметров в зависимости от свойств запечатываемого материала позволит обеспечить соответствие оттиска оригиналу и бесперебойную работу печатной машины, что является актуальным.

Используемая при офсетной печати офсетная бумага с малой плотностью – пухлая ($1,25...2 \text{ см}^3/\text{г}$) – отличается от других тем, что придаёт изделию более привлекательный вид за счет своей толщины. Толщина такой бумаги массой $65 \text{ г}/\text{м}^2$ составляет $97...105 \text{ мкм}$, а у традиционной офсетной – $80...82 \text{ мкм}$. Кроме того, обеспечивается экономическая эффективность в 22% при замене офсетной $90 \text{ г}/\text{м}^2$ на пухлую бумагу $70 \text{ г}/\text{м}^2$ [4]. Однако при печати на пухлой бумаге возникают проблемы при подаче листов самонакладом печатной машины, что объясняется рыхлой, менее жесткой структурой бумаги, где связь между волокнами ослаблена. Неравномерные подъем и передвижение листов приводит к перекосу при подаче в печатный аппарат, то есть перекосу всего изображения. Для обеспечения точной и бесперебойной подачи листов в печатный аппарат необходимо в соответствии со свойствами

бумаги управлять режимными параметрами самонаклада, являющегося частью листопроводящей системы печатных машин [5].

Обычно при печати на бумаге среднего формата толщиной до $0,6 \text{ мм}$ пневматический самонаклад печатной машины оснащается двумя отделяющими и двумя транспортирующими присосами [6]. На высокоскоростных печатных машинах пара отделяющих присосов, размещенных на штанге и опускающихся кулачково-рычажным механизмом вниз, отделяет листы за заднюю кромку за счёт созданного вакуума и активного всасывания воздуха из окружающей среды [7]. Практика эксплуатации листовых печатных машин показала, что надежное без перекосов отделение листа от стопы возможно при регулировании давления отделяющих подпружиненных присосов, которые установлены подвижно относительно рабочей камеры [8-9].

Отсюда следует, что для равномерной подачи пухлой бумаги самонакладом в печатный аппарат необходимо определить минимальное давление (силу) вакуума для отделения задней кромки листа и толкающую силу для перемещения до приемных роликов, чтобы обеспечить наименьшее воздействие на лист стопы.

В связи с этим целью исследования является определение условий отделения и транспортировки пухлой бумаги [10...12] путем расчета расхода воздуха на каждый отделяемый лист с учетом объема пространства под листом, образовавшегося при подъеме его задней кромки на высоту H (рис. 1). При этом объем пространства условно определен в виде суммы объемов простых геометрических фигур в форме призмы и пирамиды.

В настоящей работе для силового анализа и обоснования режимных параметров пневматического самонаклада примем до-

пушения, принятые при расчете потребляемого количества воздуха и его расхода в час. Так, применительно к среднему формату листа условно считаем, что участок $a+b=L/6$ (рис. 1, а), а участок $b+c+b=B/2$ (рис. 1, б), L , B – соответственно длина и ширина листа.

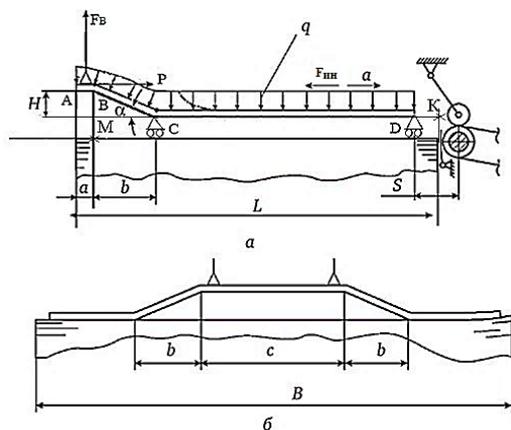


Рис. 1

Поток сжатого воздуха, поступающего в листоотделяющие присосы, создаст силу вакуума F_B . Данная сила осуществляет подъем присосов примерно на высоту 30...40 мм, а подпружиненная часть присосов (рис. 2) приподнимается на 10 ...15 мм.

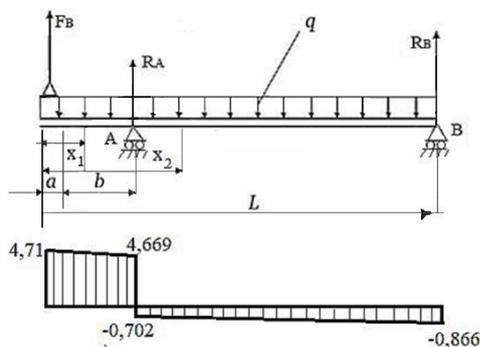


Рис. 2

В процессе подъема присосов после захвата задней кромки верхнего листа стопы происходит локальная упругая деформация бумаги и прямолинейный профиль листа приобретает контур ломаной линии ABC (рис. 1, а). Для создания данного контура необходимо смещение точки К в положение точки D, т.е. $DK=BC-MC$. Это перемещение возможно, если преодолеть силу трения между листами.

Силы, действующие на лист при его перемещении транспортирующими присо-

сами, определяются распределенной нагрузкой q от веса бумаги, толкающим усилием P , приложенным в точке В, а также противодействующей перемещению листа силой инерции $F_{ин}$, зависящей от ускорения и массы листа.

По мере перемещения задней кромки листа вперед под действием усилия P увеличивается деформация участка ВС и упругие силы, вызываемые этой деформацией, обеспечивают перемещение горизонтального участка CD. При достаточной жесткости упругой линии ВС на изгиб она способна выдержать усилие P и сохранить свою форму. Если упругая линия обладает недостаточной жесткостью, то лист бумаги выгибается, теряет устойчивость и возникает сбой в его подаче. Только при достаточной жесткости упругой линии бумага способна выдержать ускорение задней кромки листа и толкающая сила P превазойдет силу энергии листа.

При отделении задней кромки листа отделившимися присосами образуется упругая изогнутая линия ABC (рис. 1), кривизна которой зависит от высоты подъема H и длины горизонтального участка CD, ориентировочно равной $5/6$ длины L листа [13].

Основываясь на конструкции и работе подпружиненных присосов, можно составить условие отделения листа от стопы:

$$F_B > P_T + F_y + F_{тр}, \quad (1)$$

где F_B – сила вакуума, создаваемая в подпружиненном присосе, Н; P_T – сила тяжести края листа при отделении, Н; F_y – сила упругости пружины, Н; $F_{тр}$ – сила трения между листами, Н.

Если пренебречь силой трения (сцепления) $F_{тр}$ в (1) ввиду низкой шероховатости бумаги, то, предварительно выразив составляющие выражения (1), можно установить соотношение между давлением вакуума p и плотностью ρ бумаги.

Силу F_B , создаваемую вакуумом, определим по формуле:

$$F_B = p \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad (2)$$

где d_1 – внутренний диаметр гильзы, соединенной воздуховодом с вакуумной сетью самонаклада, м; p – давление вакуума, Па (Н/м^2).

Для определения силы тяжести поднимаемого края листа бумаги необходимо учесть его контур, состоящий из прямолинейного и наклонного участков. В соответствии с рис. 1 площади поднимаемых участков края листа определяются из соотношений:

прямолинейного

$$A_1 = ac = d_2c,$$

наклонного

$$A_2 = \frac{b}{\cos\alpha} 2b = \frac{2b^2}{\cos\alpha}, \quad (3)$$

где d_2 – диаметр сменной шайбы, м; α – угол наклона касательной к упругой линии.

С учетом поверхностной плотности бумаги сила тяжести на каждом участке равна

$$P_1 = \frac{\rho d_2 c g}{1000}, \quad P_2 = \frac{2\rho b^2 g}{1000}, \quad (4)$$

где ρ – поверхностная плотность бумаги, г/м^2 ; g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Таким образом, сила тяжести поднимаемого участка края листа составит

$$P_T = P_1 + P_2 = \frac{\rho d_2 c g}{1000} + \frac{2\rho b^2 g}{\cos\alpha \cdot 1000} = \frac{\rho}{1000} \left(d_2 c g + \frac{2b^2 g}{\cos\alpha} \right). \quad (5)$$

Сила упругости пружины F_y зависит от жесткости пружины k (Н/м) и абсолютной деформации (сжатия в данном случае) $\Delta\ell$:

$$F_y = k\Delta\ell. \quad (6)$$

После подстановки (2), (3) и (4) в выражение (1) получим зависимость давления вакуума p от плотности ρ бумаги в виде

$$p = \frac{\rho}{250} \left(d_2 c g + \frac{2b^2 g}{\cos\alpha} \right) + 4k\Delta\ell \quad \pi d_1^2. \quad (7)$$

Выполним расчет основных параметров, связанных с отделением задней кромки листа отделяющимися присосами, при сле-

дующих данных: $p=0,6$ бар – давление, создаваемое вакуумом; $d_1=10$ мм – внутренний диаметр гильзы; $d_2=35$ мм – диаметр сменной шайбы; $L=74$ см – длина листа; $V=52$ см – ширина листа; $\rho=0,65$ г/м^2 – поверхностная плотность бумаги; $(a+b)=L/6$ – суммарная длина поднимаемого участка в продольном направлении; $(2b+c) = V/2$ – суммарная длина поднимаемого участка в поперечном направлении; $Q = 15000$ л.отт./ч – производительность машины; $S = 10$ см – перемещение кромки листа до приемных роликов; $\alpha = 10^0$ – угол подъема края листа при отделении; $k=58,86 \dots 78,48$ Н/м – жесткость пружин.

Сила, создаваемая вакуумом:

$$F_B = \rho \frac{\pi d_1^2}{4} = 6 \cdot 10^4 \frac{3.14 \cdot 0.01^2}{4} = 4.71,$$

где учтено, что 1 бар = 10^5 Па (Н/м^2).

Площади поднимаемых участков края листа, м^2 :

$$A_1 = ac = d_2c = 0,035 \cdot 0,084 = 0,00294,$$

$$A_2 = \frac{2b^2}{\cos\alpha} = \frac{2 \cdot 0,088^2}{0,985} = 0,0157.$$

Сила тяжести бумаги соответственно на прямолинейном и наклонном участках края листа:

$$P_1 = \frac{\rho d_2 c g}{1000} = \frac{65 \cdot 0,035 \cdot 0,84 \cdot 9,81}{1000} = 0,002,$$

$$P_2 = \frac{2\rho b^2 g}{1000} = \frac{2 \cdot 65 \cdot 0,088^2 \cdot 9,81}{1000} = 0,01.$$

Тогда суммарная сила тяжести составит

$$P = P_1 + P_2 = 0,012.$$

Здесь принято во внимание, что

$$\begin{aligned} a + b &= d_2 + b = \frac{L}{6} = \frac{0,74}{6} = 0,123, \\ b &= 0,123 - 0,035 = 0,088, \\ b + c + b &= \frac{B}{2}, \quad c = \frac{B}{2} - 2b = \\ &= \frac{0,52}{2} - 2 \cdot 0,088 = 0,084. \end{aligned}$$

Определение минимального давления вакуума p для отделения задней кромки ли-

ста бумаги с малой плотностью ($\rho=65\text{г/м}^2$):

$$p = \frac{\frac{65}{250} (0,035 \cdot 0,084 \cdot 9,81 + \frac{2 \cdot 0,088^2 \cdot 9,81}{0,985} + 4 \cdot 68,87 \cdot 0,01)}{3,14 \cdot 0,01^2} = 8899,34 \text{ Па} = 0,0889934 \text{ бар} \cong 0,1 \text{ бар}.$$

Полученное значение давления вакуума не учитывает силу трения между листами при их отделении. Поэтому расчетное значение давления должно быть увеличено ($p > 0,1$ бар).

После подъема края листа на высоту H происходит перехват задней кромки листа транспортирующими присосами и перемещение отделенного листа в приемные ролики.

Для данного перемещения необходимо приложение силы P (рис. 1), толкающей лист до момента касания с приемными роликами. С целью обеспечения нормальной транспортировки листа должно быть выполнено условие:

$$P > F_{\text{ин}}, \quad (8)$$

где P – толкающее усилие, H ; $F_{\text{ин}}$ – сила инерции, H .

Сила инерции $F_{\text{ин}}$, несмотря на относительно небольшую массу бумаги, имеет важное значение, так как ускорение передней кромки листа достигает значений до 40 м/с^2 при производительности печатной машины 15000 л.отт./ч [11].

Так как сила инерции равна

$$F_{\text{ин}} = ma,$$

выразив массу m бумаги (печатного листа) через поверхностную плотность ρ (г/м^2) и ее площадь $S = B \cdot L$ (B – ширина, L – длина), получим

$$F_{\text{ин}} = \frac{\rho B L a}{1000}, \quad (9)$$

где a – ускорение, м/с^2 .

В связи с этим условие (8), выражающее надежность транспортирования листа, принимает вид

$$P > \frac{\rho B L a}{1000}. \quad (10)$$

Таким образом, для определения толкающей силы P при известных параметрах бумаги необходимо предварительно рассчитать ускорение a края передней кромки листа, которое зависит от производительности Q (л.отт./ч) печатной машины и расстояния S , проходимого им (рис. 1).

Часовую производительность машины, представляемую в виде

$$P_{\text{час}} = \frac{N}{t}, \text{ л. отт./ч},$$

выразим через секундную производительность:

$$P_{\text{с}} = \frac{N}{3600}, \text{ л. отт./с}. \quad (11)$$

Величина, обратная секундной производительности (11), покажет время t , за которое лист преодолевает с ускорением a (м/с^2) расстояние S :

$$t_1 = \frac{3600}{N}. \quad (12)$$

При допущении равноускоренного движения листа при начальной скорости $V_0=0$ получим

$$S = \frac{a t_1^2}{2} = \frac{a \left(\frac{3600}{N}\right)^2}{2}.$$

Откуда выражение для ускорения кромки переднего края листа равно

$$a = 2S \left(\frac{N}{3600}\right)^2. \quad (13)$$

Если подставить полученную зависимость (11) в (7), то толкающее усилие P , обеспечивающее надежное и качественное транспортирование листа, выразится соотношением:

$$P > S \left(\frac{N}{3600} \right)^2 \frac{\rho BL}{500}. \quad (14)$$

Приведем расчет толкающей силы после подъема задней кромки листа при следующих данных: $\rho = 65 \text{ г/м}^2$; $B = 52 \text{ см}$; $L = 74 \text{ см}$; $Q = 15000 \text{ л.отт./ч}$.

В соответствии с условием (9) и (10) для расчета толкающей силы необходимо определить силу инерции. Для этого следует предварительно выразить массу листа через плотность и его площадь:

$$m = \frac{\rho BL}{1000}.$$

Чтобы найти ускорение листа, с которым происходит перемещение на расстояние $S=10 \text{ см}$ до контакта с приемными валиками, следует найти время (10), предварительно выразив производительность часовую через секундную (9)

Из допущения равноускоренного движения листа при начальной скорости $V_0 = 0$ получим

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0, \quad F_B \left(\frac{a}{2} + b \right) - q(a+b) \frac{a+b}{2} + q[L - (a+b)] \frac{[L-(a+b)]}{2} + R_B[L - (a+b)] = 0, \\ R_B = \frac{F_B \left(\frac{a}{2} + b \right) - q \frac{(a+b)^2}{2} + q \frac{[L-(a+b)]^2}{2}}{L - (a+b)}, \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0, \quad q[L - (a+b)] \frac{[L - (a+b)]}{2} + R_A[L - (a+b)] - q(a+b) \\ \left(L - \frac{a+b}{2} \right) + F_b \left(L - \frac{a}{2} \right) = 0, \end{aligned}$$

$$R_A = \frac{-F_B \left(L - \frac{a}{2} \right) + q(a+b) \left(L - \frac{(a+b)}{2} \right) + q \frac{[L-(a+b)]^2}{2}}{L - (a+b)}. \quad (16)$$

С учетом принятых допущений для усредненного формата листа $a+b=L/6$ и

$$\begin{aligned} S &= \frac{at^2}{2}, \quad a = \frac{2 \cdot S}{t^2} = 2S \left(\frac{N}{3600} \right)^2, \\ a &= 2 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{15000}{3600} \right)^2 = 3,47. \end{aligned}$$

Тогда сила инерции составит

$$F_{ин} = ma = \frac{\rho BL a}{1000} = \frac{65 \cdot 0,52 \cdot 0,74 \cdot 3,47}{1000} = 0,087.$$

Таким образом, толкающая сила должна быть $P \geq 0,087 \text{ Н}$.

Подъем края листа задней части осуществляется силой вакуума F_B . В качестве опор приняты шарнирно подвижные (рис. 2), так как в момент подъема листа его передний край перемещается влево на некоторое расстояние [14], [15].

В начальный момент времени ось балки (листа) представляет прямую линию, и в процессе подъема появляется криволинейный участок (ломаная линия) в пределах длины a и b .

Найдем реакции в опорах A и B в начальный момент подъема и сравним с силой вакуума F_B . Для этого составим уравнения моментов относительно каждой опоры в соответствии с условием равновесия:

$a \approx d_2$ преобразуем зависимости для R_A и R_B :

$$R_B = \frac{F_B \left(\frac{q}{2} + \frac{L}{6} - d_2 \right) - q \frac{L}{72} + q \frac{25L^2}{72}}{\frac{5}{6}L} = \frac{F_B(L - 3d_2) + 2qL^2}{5L},$$

$$R_A = \frac{-F_B(L - \frac{d_2}{2}) + q \frac{L}{6} (L - \frac{L}{12}) + q \frac{(L - \frac{L}{6})^2}{2}}{\frac{5}{6}L} = \frac{-F_B(6L - 3d_2) + 3qL^2}{5L}.$$

Таким образом, получены зависимости для реакций опор R_A и R_B

$$R_A = \frac{-F_b(6L - 3d_2) + 3qL^2}{5L},$$

$$R_B = \frac{F_b(L - 3d_2) + 2qL^2}{5L}. \quad (17)$$

Реакции в опорах зависят от силы вакуума F_b , равномерно распределенной нагрузки (погонной нагрузки) q , диаметра сменной шайбы d_2 и длины листа L . Равномерно распределенную нагрузку q от силы тяжести листа следует представить в виде $\rho Bg/1000$ (Н/м):

$$q = \frac{\rho Bg}{1000} = \frac{65 \cdot 0,52 \cdot 9,81}{1000} = 0,332.$$

$$R_A = \frac{-4,71 \cdot (6 \cdot 0,74 - 3 \cdot 0,035) + 3 \cdot 0,332 \cdot 0,74^2}{5 \cdot 0,74} = -5,371,$$

$$R_B = \frac{4,71 \cdot (0,74 - 3 \cdot 0,035) + 2 \cdot 0,332 \cdot 0,74^2}{5 \cdot 0,74} = 0,907.$$

Для определения поперечных сил Q проводим сечения x_1 и x_2 . Составляем уравнения для поперечной силы на каждом

из участков с учетом пределов их изменения.

Сечение x_1 :

$$Q(x_1) = F_b - q \cdot x_1; 0 \leq x_1 \leq a + b \text{ или } 0 \leq x_1 \leq 0,123 \text{ м};$$

при $x_1=0$ $Q(x_1) = F_b = 4,71$ Н;

$$q = \frac{\rho Bg}{1000} = \frac{65 \cdot 0,52 \cdot 9,81}{1000} = 0,332 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

при $x_1=0,123$ м $Q(x_1) = 4,71 - 0,332 \cdot 0,123 = 4,669$ Н.

Сечение x_2 :

$$Q(x_2) = F_b - qx_2 - R_A; a + b \leq x_2 \leq L - (a + b) \text{ или } 0,123 \leq x_2 \leq 0,617 \text{ м};$$

при $x_2=0,123$ м $Q(x_2) = 4,71 - 0,332 \cdot 0,123 - 5,371 = -0,702$ Н;

при $x_2=0,617$ м $Q(x_2) = 4,71 - 0,332 \cdot 0,617 - 5,371 = -0,866$ Н.

При определении поперечной силы на первом участке (в сечении x_1) принято, что сила приложена на конце балки. Если приложить эту силу F_b на отрезке $a/2$, то поперечная сила составляет 0,006 Н, что позволяет ее пренебречь. По эпюре поперечной силы виден характер ее изменения вдоль балки (листа) в момент поднятия и отрыва от нижних листов.

В Ы В О Д Ы

При офсетной печати использование широкого спектра бумаг с различной плотностью приводит к проблемам при подаче листа в печатную машину, например, из-за двойных листов или неподачи бумаги со стола самонаклада печатная машина часто останавливается. Для устране-

ния этого явления, для равномерной подачи бумаги пухлой с малой плотностью самонакладом в печатный аппарат в работе предложена методика расчета режимных параметров отделения и транспортировки листа бумаги. В результате определены значения минимального давления (силы) вакуума для отделения листа – 0,1 бар (без учета сил трения между листами) и толкающей силы для перемещения при наименьшем воздействии на лист стопы до приемных роликов – 0,087 Н, способствующие оптимизации процесса печати при наименьшем воздействии на бумагу с рыхлой структурой. Предложенная методика рекомендуется для использования в задачах управления, где требуется поддержание постоянства показателей качества оттисков, например, при управлении процессом печати на бумагах с различной плотностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев С.А., Тихонов В.П. *Офсетная печать*. М.: МИПК им. Ивана Федорова, 2009.
2. Деджидас Л., Дистри Т. *Листовая офсетная печатная машина: механизмы, эксплуатация, обслуживание / пер. с англ. В. Дудичев, Н. Герценштейн, Е. Климова*. М.: ЦАПТ, 2007.
3. Мюллер П. *Офсетная печать. Проблемы практического использования / под ред. Б.Кагана*. М.: Книга, 1988.
4. <https://www.sonoragroup.ru/index.php/home-ru/33-forclients-ru>
5. Анкуда Д.А. *Полиграфические машины, автоматы и поточные линии*. Минск: БГТУ, 2018.
6. Митрофанов В.П. и др. *Печатное оборудование*. М.: МГУП, 1999.
7. Вирченко А.И., Колонтай И.И. *Печатное оборудование*. Минск: БГТУ, 2004.
8. Штоляков В.И., Румянцев В.Н. *Печатное оборудование*. М.: МГУП, 2011.
9. Штоляков В.И., Вартанян С.П., Федосеев А.Ф., Перова А.А. *Листовые офсетные печатные машины КБА*. М.: МГУП, 2007.
10. Силенко П.Н. *Динамика бумажного листа в транспортных системах полиграфических машин*. М.: МГУП, 1999.
11. Могинов Р.Г. *Динамика равнения бумажного листа в печатных машинах: Дис. ... д-ра техн. наук*. М., 2001.
12. Могинов Р.Г. *Исследование продолжительности первого контакта листа с упорами при его равнении // Изв. вуз. ППИ ИД*. М.: МГУП, 2001. № 1-2. С. 21...27.

13. Могинов Р.Г. *Теоретические основы и расчет листопитающей системы печатных машин*. М.: БИНОМ, 2008.
14. Снежин А.А. *Техника построения эпюр на стержнях, балках и рамах. Ч.2*. Ульяновск: УЛГТУ, 2011.
15. Реут Л.Е. *Плоский поперечный изгиб*. Минск: БНТУ, 2016.

REFERENCES

1. Gulyaev S.A., Tikhonov V.P. *Offset printing: textbook*. M.: MIPK them. Ivan Fedorov, 2009. 224 p.
2. Degidas L., Distri T. *Sheet-fed offset printing machine: mechanisms, operation, maintenance / per. from English*. V. Dudichev, N. Gertsenstein, E. Klimova. M.: TsAPT, 2007. 488 p.
3. Muller P. *Offset printing. Problems of practical use / ed. B. Kagan*. M.: Book, 1988. 207 p.
4. [tps://www.sonoragroup.ru/index.php/home-ru/33-forclients-ru](https://www.sonoragroup.ru/index.php/home-ru/33-forclients-ru)
5. Ankuda D.A. *Printing machines, automatic machines and production lines*. Minsk: BSTU, 2018. 140 p.
6. Mitrofanov V.P. and others. *Printing equipment: textbook*. M.: MGUP, 1999. 443 p.
7. Virchenko A.I., Kolontay I.I. *Printing equipment: textbook manual for students of the specialty «Printing equipment and information processing systems»*. Minsk: BSTU, 2004. 234 p.
8. Shtolyakov V.I., Rummyantsev V.N. *Printing equipment: textbook*. M.: MGUP, 2011. 519 p.
9. Shtolyakov V.I., Vartanyan S.P., Fedoseev A.F., Perova A.A. *Sheet-fed offset printing presses KBA: tutorial / Moscow state un-t printing*. M.: MGUP, 2007. 140 p.
10. Silenko P.N. *Paper sheet dynamics in transport systems of printing machines*. M.: MGUP, 1999. 166 p.
11. Moginov R.G. *Dynamics of alignment of a paper sheet in printing machines: Abstract of diss. doc. tech. sciences*. M., 2001.
12. Moginov R.G. *Investigation of the duration of the first contact of the sheet with the stops during its alignment // Izv. universities. PPI ID*. M.: MGUP, 2001. No. 1-2. S. 21...27.
13. Moginov R.G. *Theoretical foundations and calculation of the sheet feeding system of printing machines*. M.: BINOM, 2008. 352 p.
14. Snezhin A.A. *Technique for constructing diagrams on rods, beams and ramax. Part 2. Guidelines for practical and self-study in the course «Strength of materials»*. Ulyanovsk: UIGTU, 2011. 110 p.
15. Reut L.E. *Flat transverse bending: manual on the academic discipline «Mechanical material»*. Minsk: BNTU, 2016. 263 p.

Рекомендована кафедрой технологии полиграфического и упаковочного производства Ташкентского института текстильной и легкой промышленности. Поступила 25.12.22.

БИОМОДИФИКАЦИЯ ЛЬНОВОЛОКНИСТОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ПРОПИТКИ ЖИДКИМ СВЯЗУЮЩИМ*

BIOMODIFICATION OF FLAX FIBER FILLER FOR IMPREGNATION WITH LIQUID BINDER

Е.Н. КАЛИНИН¹, С.В. ЕРШОВ¹, С.А. КОКШАРОВ², О.В. ЛЕПИЛОВА²

E.N. KALININ¹, S.V. ERSHOV¹, S.A. KOKSHAROV², O.V. LEPILOVA²

¹Ивановский государственный политехнический университет,

²Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново)

¹Ivanovo State Polytechnic University,

²G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Ivanovo)

E-mail: enkalini@gmail.com

Актуален поиск путей снижения пористости армированных полимерных композитов. Использование гибридного наполнителя с натуральными волокнистыми материалами требует новых решений для повышения их сродства к полимерному связующему и заполнения внутриволоконной капиллярной системы. Цель исследования состоит в обосновании состава полиферментной композиции для биоподготовки льняного волокна к использованию в двухстадийных процессах формования с предварительной пропиткой волокнистых слоев жидкой смолой с низкой вязкостью. Сопоставлено влияние двух коммерческих биопрепаратов, содержащих β -маннаназу. Оценена эффективность их усиления добавками гомогенных ферментов, селективно расщепляющих полимеры углеводов-белкового комплекса связующих веществ в структуре льняного волокна. Свойства ферментов оценены с применением физико-химических методов анализа их каталитической активности и прочности адсорбционного связывания на целлюлозном субстрате, а также метода динамического рассеяния света для измерения размера глобул. Изменение свойств льняных материалов оценено с использованием методов последовательной экстракции и спектроскопического анализа полимерного состава, а также сканирующей электронной микроскопии и низкотемпературной адсорбции-десорбции паров азота для оценки состояния поверхности и поровой системы волокна. Изменение сродства волокна к неполярной жидкости моделировали по скорости смачивания и равновесному поглощению дизельного топлива. Получены корреляционные соотношения для описания влияния массовой доли нецеллюлозных полисахаридов на доступность поровой структуры льняного наполнителя для неполярных жидкофазных систем. Обоснована эффективность модификации льняного волокна прочно адсорбирующимися целюлазами для увеличения шероховатости поверхности волокна и повышения скорости смачивания.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 20-43-370007 р_а_ Ивановская область: «Развитие научных основ прогнозирования функциональных и конструкционных параметров синтезируемых полимерных волокнистых композитных систем». Использовано оборудование ЦКП «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

The search of ways to reduce the porosity of reinforced polymer composites is actual. The use of hybrid filler with natural fibrous materials requires new solutions to increase their affinity to the polymer binder and fill the intra-fiber capillary system. The purpose of the study is to substantiate the composition of a poly-enzyme composition for the biomodification of flax fiber to use in two stage formation processes with pre-impregnation of fibrous layers with a liquid resin having low viscosity. The effect of two commercial biopreparations containing β -mannanase was compared. The effectiveness of their enhancement by additives of homogeneous enzymes selectively cleaving polymers of the protein-carbohydrate complex in the structure of flax fiber is evaluated. The properties of the enzymes were evaluated using physico-chemical methods to analyzing their catalytic activity and strength of adsorption binding on a cellulose substrate, and also dynamic light scattering method to measure the globule size. The change in the properties of linen materials was evaluated using the sequential extraction and spectroscopic analysis of the polymer composition, as well as scanning electron microscopy and low-temperature adsorption-desorption of nitrogen vapor to assess the surface condition and fiber pore system. The change in the fiber affinity to a nonpolar liquid was modeled by the wetting rate and the equal absorption of diesel fuel. Correlation relations were obtained to describe influence of non-cellulose polysaccharides weight fraction to the availability of the flax filler porous structure for nonpolar liquid-phase systems. The efficiency of modification by tightly adsorbed cellulases was proved to increase the roughness of the fiber surface and the wetting rate.

Ключевые слова: льноволокнистые материалы, биомодификация, пористость, пектин, гемицеллюлозы, массовая доля, дизельное топливо, сорбция.

Keywords: flax fiber materials, biomodification, porosity, pectin, hemicelluloses, weight fraction, diesel oil, sorption.

В технологии армированных полимерных композитов на протяжении многих лет одним из проблемных вопросов остается пористость материалов и ее пагубное влияние на механические свойства изделий [1]. Под этим термином понимается образование пустот (voids), не заполненных связующим. В наибольшей степени это проявляется при получении заготовок сложных форм с применением углеродного волокна, отличающегося повышенной жесткостью [2]. При величине пористости углепластика 3–4% прочность при межслоевом сдвиге снижается в 2 раза [3].

Одним из путей снижения ограничений на кривизну получаемых деталей является применение гибридных наполнителей с варьируемой последовательностью укладки волокнистых слоев [4]. Перспективно создание гибридных композитов с заменой части синтетического наполнителя разнообразными видами более гибких натураль-

ных волокон [5]. Однако при этом возникают сложности с равномерностью адгезии полимерного связующего одновременно к волокнистым компонентам с разными гидрофильно-гидрофобными свойствами, а также с наличием в натуральном наполнителе внутренней капиллярно-пористой системы [6]. Последнее обуславливает известные проблемы водопоглощения биокomпозиционных материалов, которые проявляются в размерной нестабильности и преждевременном старении изделий [7].

Для устранения указанных недостатков применяют варианты специальной подготовки натуральных армирующих наполнителей, например, используя методы их гидрофобизации либо фибриллирования волокон при вымачивании в растворе щелочи [8]. Обработка щелочью способствует также удалению гидрофильных спутников целлюлозы, но может вызывать и критическое повреждение волокна [9].

Настоящее исследование базируется на сведениях о передовых методах снижения пористости композиционных материалов, а также подготовки лубоволокнистого сырья, обеспечивающих его использование в композиции с синтетическими волокнистыми наполнителями. В частности, прорывные методы биохимической модификации волокна позволяют реализовать пространственно локализованную деструкцию полимерных спутников льняной целлюлозы без ее повреждения [10], регулируемо изменять жесткость материала без снижения показателей прочности [11], [12].

Для уменьшения водопоглощения натуральных волокон и пористости композитов рекомендуются двухстадийные способы формования с использованием разных типов связующего. Предварительное проведение пропитки или 3D-печати жидкой смолой с низкой вязкостью обеспечивает заполнение межволоконных пустот и микропоровых пространств натурального волокна, а также фиксацию слоев наполнителя перед обработкой матричной смолой [6], [13], [14]. Внедряемые в волокно полимерные композиции могут обеспечить равномерное введение в структуру композита нанодисперсных упрочняющих наполнителей [15], а также создание развитого межфазного слоя в результате образования с основным адгезивом высоко-разветвленных графт-сополимеров, что способствует повышению формоустойчивости изделия [16].

Необходимый уровень вязкости связующего для предварительной пропитки армирующего материала часто достигается с применением неполярных разбавителей, которые плохо смачивают натуральные, в частности льняные, волокна. Поглощительные свойства пористых материалов можно характеризовать по факторам, определяющим высоту поднятия жидкости в капиллярах (h) по формуле Борели-Жюрена:

$$h = \frac{2\sigma \cos\Theta}{r(\rho - \rho_0)g}, \quad (1)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости; Θ – угол смачивания стенки капилляра; r – радиус капилляра;

ρ и ρ_0 – плотность жидкости и газовой фазы над нею; g – ускорение свободного падения.

Согласно уравнению Пуазейля для движения жидкости в капилляре круглого сечения скорость переноса жидкости (Q) пропорциональна перепаду давления (Δp) на единицу длины капилляра (L) и четвертой степени его диаметра (D) и обратно пропорциональна коэффициенту динамической вязкости жидкости (η , Па·с):

$$Q = \frac{\pi D^4 \Delta p}{128 \eta L}. \quad (2)$$

Из (2) можно выразить сопротивление движению жидкости в капилляре (X):

$$X = \frac{8 \eta L}{\pi r^4}. \quad (3)$$

Уравнения (1) – (3) позволяют определить основные задачи биомодифицирования льняных наполнителей для заполнения структуры маловязкими жидкостями. Эффективность может быть повышена при увеличении диаметра мезопоровых пространств в клеточной стенке волокна и снижении величины Θ .

Цель исследования состояла в выявлении закономерностей «состав-свойство» для дифференциации влияния полимерных компонентов льноволокнистого материала на поглощение модельной неполярной жидкости и в обосновании состава полиферментной композиции для селективного воздействия на биополимерную систему льняного волокна при подготовке к использованию в гибридном армирующем наполнителе композиционных материалов.

Материалы и методы

Использованы образцы механически выделенного луба и стланцевого трепаного волокна, полученные из стеблей селекционного сорта льна-долгунца «Ленок», выращенного на опытных полях ВНИИ льна (г. Торжок, Тверская обл.).

Моделью неполярного разбавителя смолы служит дизельное топливо (ДТ), содержащее смесь парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов, с показателями (25 °С): кинематическая вязкость 8,87 мм²/с; плотность 0,835 г/см³.

Для биомодификации льняного волокна применены коммерческие ферментные

препараты Фекорд 2015-Б (Фермент, Беларусь), Mannase и Xylanase SBE-XY20 (Sunson Group, China), а также гомогенные ферменты pectinase P4716, β -Galactosidase и Alcalase 2.4L (Sigma, США).

Активность β -маннаназы определяли по образованию сахаров при гидролизе 0,5% гидроколлоида камеди рожкового дерева (E 410) [17]. Для анализа галактаназной, ксиланазной, протеазной и эндополигалактуроназной активности использовали тестовые субстраты галактана, ксилана, казеината натрия и полигалактуроновой кислоты [18]. Сорбционные свойства ферментов оценивали по связыванию белка на микрокристаллической целлюлозе [12]. Размер глобулы ферментов определяли методом динамического рассеяния света на анализаторе Zetasizer Nano ZS.

Биомодификацию волокна осуществляли растворами биопрепаратов с уровнем pH 5,5 при 40...45 °C в течение 40 мин.

Полимерный состав волокна анализировали путем последовательной экстракции компонентов и фотометрического анализа их окрашенных комплексов с о-толуидином согласно [19]. Пектин извлекали 1% раствором лимоннокислого аммония, гемицеллюлозы – 2% HCl.

Состояние поверхности и поровой системы волокна исследовали методами сканирующей электронной микроскопии (микроскоп Quattro S) и низкотемператур-

ной адсорбции-десорбции паров азота (газовый анализатор Nova Series 1200e).

Для оценки смачиваемости волокнистого материала адаптировали стандартный метод определения капиллярности медицинской (в т.ч. льняной) ваты (ГОСТ 5556-81). Стеклянную трубку наполняли резаным волокном. Один конец вертикально расположенной трубки погружали в поддон с жидкостью и фиксировали высоту столба капиллярного впитывания ДТ по истечении 10 мин (H, мм/10мин).

Равновесное поглощение ДТ (АДТ) определяли при 25 °C в соответствии с методом оценки статической сорбции нефтепродуктов (ТУ 2164-001-230743353-97).

Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлены СЭМ-изображение лубяного пучка в структуре трепанного льняного волокна (а) и модель дислокации полимеров в клеточной стенке элементарного волокна (б). Льняные волокна в пучке не только склеены между собой, но и окружены поверхностным слоем инкрустов – остатков паренхимных тканей стебля. Межклеточные связующие вещества и инкрусты являются аморфными образованиями с взаимно ортогональной ориентацией полимерных компонентов углевод-белкового комплекса. Аналогичное строение характерно и для межфибрилярного матрикса клеточной стенки.

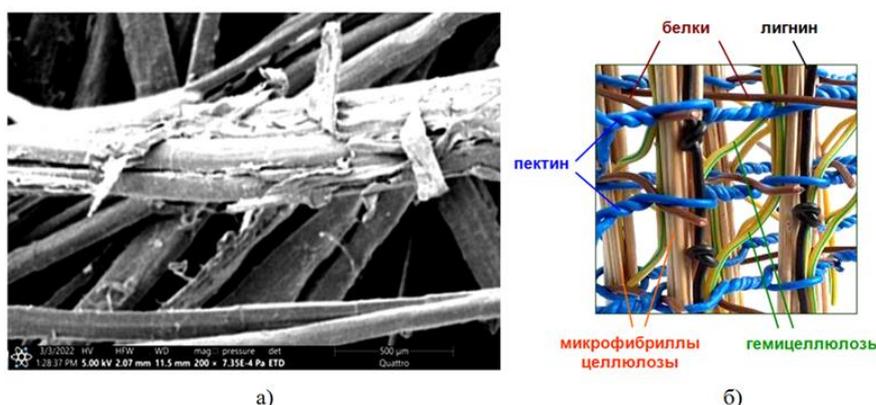


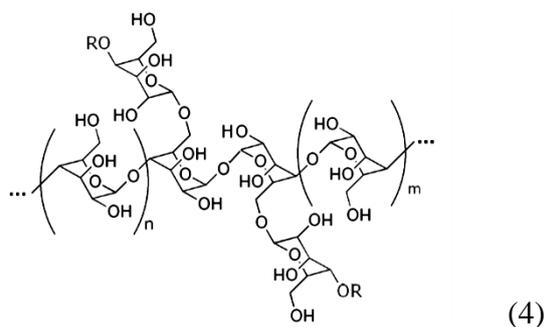
Рис. 1

В направлении целлюлозных фибрилл ориентированы макромолекулы гемицеллюлоз, которые переходят от одного целлюлозного пучка к другому, заполняя

межфибрилярное пространство. Скрепление microfibrill обеспечивается благодаря их поперечному переплетению макромолекулами пектинов, которые соединя-

ются между собой мостиками с участием кальций-пектатной формы галактуронатных звеньев. Трехмерная структура углевод-белкового комплекса фиксируется точечными взаимодействиями между карбоксильными группами пектинов и аминогруппами ортогонально расположенных макромолекул протеинов.

Среди полимерных спутников целлюлозы наибольшая массовая доля приходится на гемицеллюлозы. В инкрустах и межклетниках они представлены макромолекулами разветвленных β -глюканов на основе глюкоманнанов и галактоманнанов:



Разнонаправленное расположение боковых ответвлений в этих макромолекулах не позволяет им уплотняться при взаимной ориентации в тканевых пучках, что обуславливает аморфность губчатого вещества паренхимы. Однако обилие полярных гидроксильных групп благоприятно лишь для сорбции влаги, но будет препятствовать впитыванию неполярного раствора смолы. Для сопоставления эффективности их расщепления используем два биопрепарата, содержащих в качестве мажорного фермента β -манназу, для которых введены следующие обозначения: **Фек** – Фекорд 2015-Б; **Man** – Mannase.

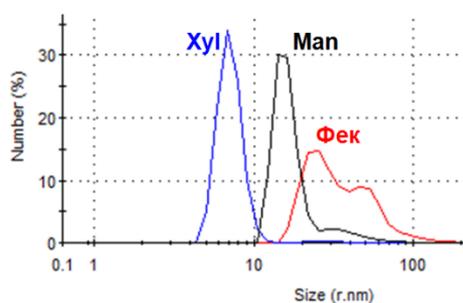


Рис. 2

На рис. 2 сопоставлены результаты измерения размера глобулярных белков в растворах коммерческих биопрепаратов.

Анализ диаграмм проведем в сравнении с зависимостью фракционного распределения относительного числа частиц в растворе препарата Xylanasa SBE-XY20 (**Xyl**). Мода имеет симметричную форму, что свидетельствует, во-первых, об однокомпонентности препарата, во-вторых, о сферичности глобулярных образований макромолекулы фермента. В препарате **Man** содержание β -манназы, формирующей основную моду, преобладает над сопутствующими ферментами. Размер основных фракций составляет 14,5...16,3 нм, следовательно, они способны проникать и функционировать в структуре набухшего льняного волокна, поперечные размеры пор которого при впитывании влаги увеличиваются до 30 нм [12].

Диаграмма препарата **Фек** согласуется с паспортными данными о его полиферментном составе. Основная мода формируется наложением максимумов фракций с размерами 20 и 25 нм. Вторая мода также имеет полифракционный состав с максимумами при 45 и 53 нм. Причем около 50% общего числа частиц могут оказывать лишь периферийное воздействие на элементарные волокна без проникновения в мезопоровые пространства клеточной стенки.

Полагаем, что наиболее крупные фракции **Фек** относятся к присутствующим целлюлазам. Причем их молекулы состоят из двух структурных единиц: каталитического и целлюлозосвязывающего доменов, действие которых проиллюстрировано в [20]. Анализ прочности их адсорбционного связывания показал, что после выдержки с суспензией микрокристаллической целлюлозы уровень активности целлюлаз в растворе снижается на 63%. Согласно [12] такое сочетание размерных и адсорбционных свойств целлюлаз обеспечивает минимальное повреждение волокна, существенно изменяя состояние его поверхности.

Из рис. 1, а следует, что для повышения подвижности микрофибрилл целлюлозы и увеличения диаметра поровых пространств в клеточной стенке волокна требуется деструкция сетчатой структуры пектиновых веществ, являющихся клеящей основой

как в межфибрилярном матриксе, так и в межволоконных и инкрустирующих образованиях. Пектиндеструктурирующие ферменты присутствуют в препаратах **Фек** и **Ман**, о чем свидетельствуют приведенные в

таблице данные изменения содержания в льноволокнистых материалах пектина (**П**) и гемицеллюлоз (**ГЦ**) после проведения биообработки растворами с варьируемым составом биокатализаторов.

Т а б л и ц а 1

Ферментная композиция	Содержание нецеллюлозных полисахаридов в биомодифицированном льняном материале*, масс. %			
	механический луб		трепаное волокно	
	П	ГЦ	П	ГЦ
Исходный субстрат	7,2	20,9	6,5	18,1
Ман	6,7	15,8	6,2	15,2
Фек	4,9	17,2	4,5	16,7
Ман + Фек	3,7	13,9	3	13,5
Ман + pec	2,5	14,5	2,2	15
Ман + pec + gal	2,5	12,8	1,9	11,8
Ман + pec + gal + Xyl	2,5	10,5	1,9	10,0
Ман + Фек + pec + alc	1,5	8,9	0,6	6
Ман + Фек+ pec + alc+ Xyl	1,5	5,1	0,6	3,2

Подбором концентрации в растворах препаратов **Фек** и **Ман**, а также их композиции достигали одинакового уровня активности β -маннаназы (150 ед./мл). Добавки вспомогательных ферментов дополнительно обеспечивали следующие показатели каталитической активности технологических растворов (ед./мл): pectinase P4716 (**pec**) – 50; β -Galactosidase (**gal**) – 30; Alcalase 2.4L (**alc**) – 20.

Для обоих волокнистых субстратов получены согласующиеся результаты. **Ман** обеспечивает лучшее расщепление гемицеллюлоз, но уступает препарату **Фек** в деструкции пектинов. Усиление **Ман** добавкой **pec** позволяет увеличить степень извлечения пектинов в 9,4...11 раз. Присутствие в растворе ферментов **gal** и **Xyl** обеспечивает дополнительное воздействие на макромолекулы галактана и ксилана в структуре гемицеллюлоз, способствуя тем самым полному удалению слоя инкрустов. Совместное использование препаратов **Фек** и **Ман** благодаря различию размера биокатализаторов позволяет ранжировать структурный уровень воздействия в межволоконных и внутриволоконных образованиях связующих веществ, а максимальное удаление нецеллюлозных полисахаридов достигается при разрушении макромолекул белковых веществ в присутствии **alc**.

На рис. 3 представлены диаграммы распределения по диаметру пор (D) величины внутреннего свободного объема ($V_{п}$) в исходном образце трепаного льноволокна (кривая 1) и после его модификации композицией **Ман + Фек + pec + alc** (кривая 2).

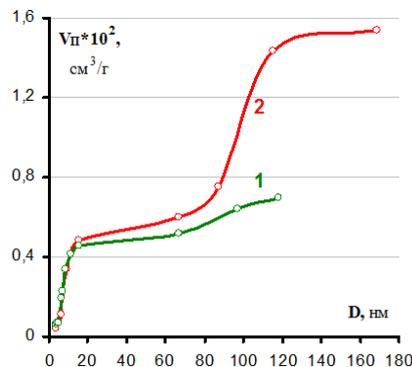


Рис. 3

Анализ поровой структуры льняного волокна по данным низкотемпературной адсорбции-десорбции азота объективно характеризует доступность субстрата для жидкости, не вызывающей его набухания. Две трети свободного объема в исходном волокне приходится на мезопоры внутренних слоев клеточной стенки с диаметром до 15 нм. Очевидно, эта часть поровых пространств малодоступна даже при вакуумных способах пропитки, обеспечивающих удаление защемленного воздуха из

материала. Биомодификация, вероятно, ограничивается зоной первичной клеточной стенки, в которой содержание целлюлозы не превышает 40%, а доля пектиновых веществ составляет около 30 масс.% [11]. Деструкция межфибрилярного матрикса обеспечивает 2-кратное увеличение величины $V_{\text{п}}$, при этом составляющая крупных мезопор возрастает в 4,2 раза. Максимальный размер диаметра пор возрастает со 118 нм до 189 нм.

На рис. 4 результаты анализа равновесной сорбции ДТ полученными образцами льноволокнистых материалов сопоставлены с содержанием нецеллюлозных полисахаридов. Анализ взаимосвязи изменений $A_{\text{дт}}$ с одним из факторов структурной модификации волокнистого материала достаточно условен при абстрагировании от сопутствующих изменений состояния других полимерных компонентов, включая протекание деструкции и формирование поровых пространств в целлюлозной основе клеточной стенки. Тем не менее, по приведенным данным можно судить об основных тенденциях влияния рассматриваемых полимеров на доступность внутренней структуры для неполярной жидкости.

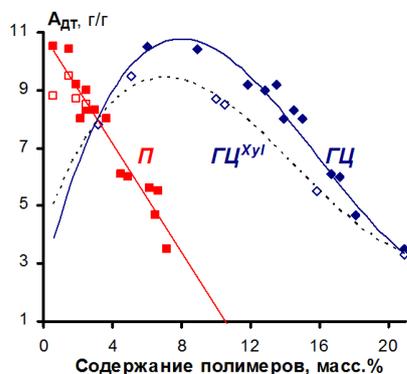


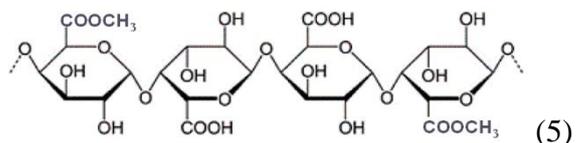
Рис. 4

Можно констатировать, что удаление пектинов оказывает наиболее существенное влияние, что связано с присутствием в значительной части галактуронатных звеньев сильно поляризованной незамещенной карбоксильной группировки:

Гидрофильная природа полиуронидных соединений в одинаковой степени проявляется независимо от зоны структурной дислокации полимера: в инкрустах, в сре-

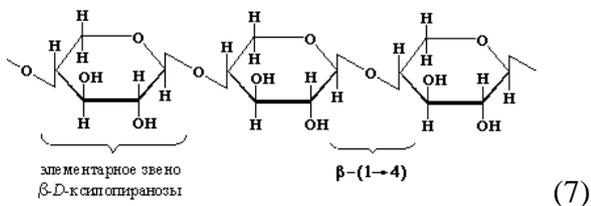
динных пластинках между элементарными волокнами или в клеточной стенке волокна. В связи с этим закономерно, что соотношение параметров $A_{\text{дт}} = f(\Pi)$ с высокой степенью корреляции аппроксимируется линейной зависимостью:

$$A_{\text{дт}} = 10,95 - 0,9423 \cdot \Pi; r = 0,9357. \quad (6)$$

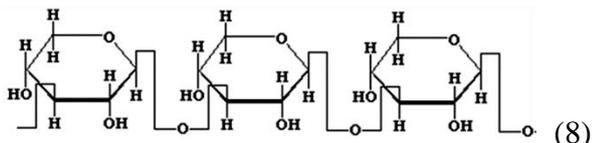


На рис. 4 метками без фона отмечены результаты, полученные для образцов, модифицированных в присутствии добавки **XII**. Воздействие ксиланазы не меняет содержание в волокне пектина и не оказывает принципиального влияния на взаимосвязь $A_{\text{дт}} = f(\Pi)$. Влияние гемицеллюлоз на поглощение ДТ имеет более сложный характер. Аппроксимирующая кривая **ГЦ** построена без учета точек с добавкой **XuI**. Сравнение их положения с соответствующими значениями для вариантов модификации аналогичными ферментными композициями без **XII** показывает, что использование последней снижает содержание **ГЦ**, но вместе с тем уменьшает и величину $A_{\text{дт}}$. При содержании гемицеллюлоз более 10 масс.% эти точки выпадают из графика $A_{\text{дт}} = f(\Pi)$. Данные для образцов, модифицированных композициями с добавкой **XuI**, аппроксимируются кривой **ГЦ^{XuI}**. Примечательно, что при содержании гемицеллюлоз менее 8 масс.% (соответствует массовой доле нейтральных полисахаридных спутников целлюлозы в структуре элементарного волокна) на кривых **ГЦ** и **ГЦ^{XuI}** имеются схожие ниспадающие участки. Наблюдаемому снижению сорбции ДТ имеются закономерные объяснения.

Отличительная особенность строения ксилопиранозного звена в сравнении с глюкопиранозными звеньями гексозанов заключается в отсутствии группировки с первичным гидроксилом:



Известны ксиланы, макромолекулы которых построены из звеньев остатков D-ксилопиранозы, соединенных β-(1→2)-или β-(1→3)-гликозидными связями, с односторонней направленностью вторичных гидроксильных групп:



Это позволяет макромолекулам ксилана ориентироваться вдоль фибрилл целлюлозы, плотно прилегая к ним благодаря образованию множественных водородных связей с участием гидроксильных групп обоих полимеров. При этом на поверхности микрофибрилл целлюлозы формируется слой макромолекул ксилана без наружно ориентированных гидрофильных группировок, что обуславливает проявление растительными целлюлозными материалами липофильных свойств. Следовательно, в отличие от деструкции маннанов, галактанов и β-глюканов в инкрустах, разрушение ксиланов в покровном слое первичной клеточной стенки неминуемо приведет к понижению сродства к органическим неполярным жидкостям.

Математическая интерпретация взаимосвязи $A_{дт} = f(\GammaЦ)$ для представленных на рис. 4 данных имеет вид полинома третьей степени:

$$A_{дт} = 2,5472 + 2,3249 \cdot \GammaЦ - 0,1948 \cdot \GammaЦ^2 + 0,0041 \GammaЦ^3; r = 0,99436. \quad (9)$$

Зависимость демонстрирует интенсивное нарастание сорбции по мере разрушения основной части гемицеллюлоз в составе инкрустов и замедление изменений по мере приближения к показателю $\GammaЦ = 8 \dots 10$ мас.%, характеризующему их содержание в структуре элементарного волокна. Линейный член уравнения имеет определяющее влияние при малых значе-

ниях $\GammaЦ$ и демонстрирует важность сохранения ксилана в окружении целлюлозы.

Линейный характер взаимосвязи переменных в уравнении (6) и полиномиальный вид уравнения (9) учтены при разработке модели совместного влияния полимерных компонентов модифицируемого льняного волокна. Получена многопараметровая зависимость:

$$A_{дт} = 10,518 - 0,497\GammaП + 0,0086\GammaЦ - 0,0061\GammaЦ^2; r = 0,981. \quad (10)$$

Высокий уровень коэффициента аппроксимации экспериментальных данных подтверждает адекватность полученной модели. Соотношение множителей в уравнении (10) демонстрирует весомость влияния пектиновых примесей, а сохраняющаяся различие знаков линейного и квадратичного членов, характеризующих влияние гемицеллюлоз, свидетельствует о наличии разноплановой роли примесей данного класса. Причем позитивное и негативное влияния гемицеллюлоз уравновешиваются при $\GammaЦ = 1,2$ мас.%, что соответствует содержанию соединений из группы ксиланов.

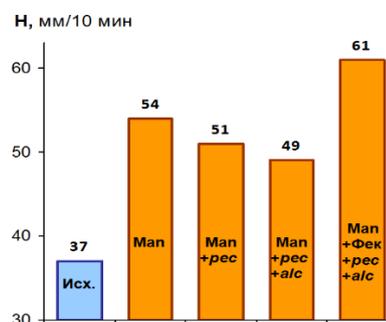


Рис. 5

На рис. 5 продемонстрировано изменение смачиваемости образцов трепаного волокна при изменении состава применяемых полиферментных композиций. Обнаружено, что усиление каталитической активности препарата **Man** добавками пектолитического и протеолитического ферментов сопровождается уменьшением прироста высоты (скорости) капиллярного подъема ДТ. Очевидно, замедление переноса жидкости по поверхности волокнистых фрагментов обусловлено интенсификацией

впитывания ДТ вглубь модифицированного волокнистого материала.

Дополнительный прирост показателя Н обеспечивается при введении в состав композиции препарата **Фек**, характеризующегося, как показано выше, более крупными размерами молекул белковых катализаторов и, что особенно важно, наличием в его составе прочно адсорбирующихся целлюлаз. Каталитический домен таких ферментов осуществляет локализованную деструкцию участка микрофибрил целлюлозы по механизму «множественной атаки» без разрыва связи целлюлозосвязывающего домена с субстратом. На рис. 6 приведено СЭМ-изображение поверхности волокна, модифицированного биокomпозицией с препаратом **Фек**.

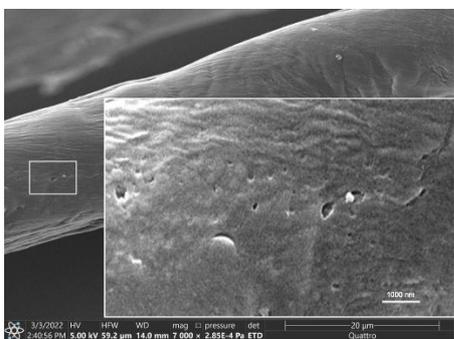


Рис. 6

Как видно, льняной материал освобожден от слоя инкрустирующих примесей и льняные пучки разделены на элементарные волокна. Дополнительное увеличение выделенного участка позволяет различить появление на поверхности волокна большого количества наноразмерных полостей, образующихся в результате действия прочно адсорбирующихся целлюлаз. Повышение шероховатости поверхности способствует увеличению параметра Θ в уравнении (1). Согласно уравнению Венцеля-Дрягина соотношение краевых углов смачивания гладкой Θ и шероховатой Θ_m поверхности регулируется коэффициентом шероховатости f_m , который определяется соотношением величины истинной площади поверхности S_m материала с учетом ее неровностей и значения геометрической поверхности S_g :

$$\cos \Theta_m = f_m \cos \Theta = \frac{S_m}{S_g} \cos \Theta. \quad (10)$$

Полученные результаты позволяют утверждать, что модификация поверхности волокна является весомой составляющей в обеспечении прироста скорости смачивания и величины $A_{дт}$.

ВЫВОДЫ

Исходя из сведений о морфологии и полимерном составе поверхностного слоя инкрустов и межклеточных веществ в структуре льняных пучков льняного сырья, в качестве основы полиферментных композиций предложено использовать биопрепараты с мажорным содержанием β -маннаназы. Обосновано комплексное применение маннаназ с размерами глобулы до 20 нм для проникновения в мезопоровую структуру элементарного волокна и свыше 30 нм для биокатализируемого разрушения β -глюканов в зонах межволоконных срединных пластинок и инкрустов. Дополнительное введение в биомодифицирующую композицию пектиназы и протеазы обеспечивает удаление 91...93% пектина и 57...67% гемицеллюлоз, возрастание в 4,2 раза объема крупных мезопор при увеличении максимального диаметра пор со 118 до 189 нм. Обоснована нецелесообразность деструкции ксиланов и необходимость контроля используемых биопрепаратов на отсутствие ксиланазы.

Получены зависимости для описания влияния остаточного содержания пектинов и гемицеллюлоз на сорбционную емкость в отношении дизельного топлива, моделирующую доступность внутреннего объема льноволокнистого наполнителя для пропитки жидким связующим малой вязкости. Достигнут 3-кратный прирост сорбции в сравнении с исходным сырьем. Показана целесообразность присутствия в составе биопрепарата прочно адсорбирующихся целлюлаз для повышения шероховатости поверхности льняного волокна и увеличения в 1,65 раза скорости смачивания льняного волокна неполярной жидкостью.

1. Батраков В.В., Перушенко Р.Ю., Константинов Д.Ю. и др. Влияние режимов формования в автоклаве и структуры пакета на пористость композиционных материалов // Изв. вузов. Российская авионавтика. 2018, 61, № 1. С. 93...97. <https://doi.org/10.3103/S1068799818010142>

2. Reis A., Monticeli F., Neves R. et al. Statistical analysis of creep behavior in thermoset and thermoplastic composites reinforced with carbon and glass fibers // J. Strain. Anal. Eng. Des. 2020, 56, 7. 030932472097663. <https://doi.org/1.1177/0309324720976637>

3. Mallick P.K. Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design. – Edit. 3. – CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 2007. 619 p. <https://doi.org/10.1201/9781420005981>

4. Monticeli F., Almeida H.Jr., Neves R.M. et al. On the 3D void formation of hybrid carbon/glass fiber composite laminates: A statistical approach // Compos. Part A Appl. Sci. Manuf. 2020, 137. 106036. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2020.106036>

5. Sathishkumar T.P., Naveen J., Satheeshkumar S. Hybrid fiber reinforced polymer composites - review // J. Reinf. Plast. Compos. 2014, 33, 5. P. 454...471. <https://doi.org/10.1177/0731684413516393>

6. Nam G., Wu N., Okubo K. et al. Effect of natural fiber reinforced polypropylene composite using resin impregnation // Agricultural Sci. 2014, 5, 13. P. 1338...1343. <https://doi.org/10.4236/as.2014.513143>

7. Hong C.K., Hwang I., Kim N. et al. Mechanical properties of silanized jute-polypropylene composites // J. Ind. Eng. Chem. 2008, 14. P. 71...76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2007.07.002>

8. Akil H.M., Omar M.F., Mazuki A.A. et al. Kenaf fiber reinforced composites: A review // Mater. Des. 2011, 32, 8–9. P. 4107...4121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2011.04.008>

9. Ichazo M.N., Albano C., Gonzalez J. et al. Polypropylene/wood flour composites: treatments and properties // Compos. Struct. 2001, 54. P. 207...214. [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-8223\(01\)00089-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-8223(01)00089-7)

10. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning // Autex Res. J. 2015, 15, 3. 215...225. <http://dx.doi.org/10.1515/aut-2015-0003>

11. Koksharov S.A., Bikbulatova A.A., Kornilova N.L. et al. Justification of an approach to cellulases application in enzymatic softening of linen fabrics and clothing // Text. Res. J. 2022, 92, 21–22. P. 4208... 4229. <http://dx.doi.org/10.1177/00405175221101018>

12. Aleeva S.B., Lepilova O.B. и др. Ферментативная умягчающая обработка льняных изделий: Воздействие целлюлаз в структуре набухшего волокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022, № 5. С. 126...134. http://dx.doi.org/10.47367/0021-3497_2022_5_126

13. Roy A. Fabrication of chemically modified jute fabric and nonwoven wet-laid glass fiber reinforced polycaprolactone composite // JTSFT. 2020, 5, 1. 602. <http://dx.doi.org/10.33552/JTSFT.2020.05.000602>

14. Terekhov I.V., Chistyakov E.M. Binders used for the manufacturing of composite materials by liquid composite molding // Polymers. 2022, 14, 1. 87. <https://doi.org/10.3390/polym14010087>

15. Кокшаров С.А., Алеева С.В., Корнилова Н.Л. и др. Модифицирование межфазного слоя армированных полимерных композитов нанодисперсным диоксидом кремния // Перспективные материалы. 2021. № 4. С. 37...55. <https://doi.org/10.30791/1028-978X-2021-4-37-55>

16. Корнилова Н.Л., Бикбулатова А.А. и др. Формирование графт-сополимерной структуры клевого слоя в дублированном пакете швейного изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6. С. 178...183. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2021_6_178

17. Tang C.-D., Guo J., Li J.-F. et al. Enhancing expression level of an acidophilic β -mannanase in *Pichia pastoris* by double vector system // Annals of Microbiology. 2014, 64. P. 561...569. <https://doi.org/10.1007/s13213-013-0689-7>

18. Рухлядева А.П., Польшгалина Г.В. Методы определения гидролитических ферментов. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. 288 с.

19. Солодушенкова Т.С., Корнилова Н.Л. и др. Влияние полимерных компонентов льняного волокна на жесткость тканого полотна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 4. С. 128...135. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2022_4_128

20. Алеева С.В., Лепилова О.В. и др. Подбор целлюлаз для умягчающей обработки льняных изделий пропиткой растворами биопрепаратов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6. С. 98...105. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2022_6_98

REFERENCES

1. Batrakov V.V., Petrushenko R. Yu., Konstantinov D.Yu. et al. Influence of Autoclave Molding Modes and Stack Structure on Porosity of Composite Materials // Russian Aeronautics (Iz VUZ). 2018, 61, 1. P. 93...97. <https://doi.org/10.3103/S1068799818010142>

2. Reis A., Monticeli F., Neves R. et al. Statistical analysis of creep behavior in thermoset and thermoplastic composites reinforced with carbon and glass fibers // J. Strain. Anal. Eng. Des. 2020, 56, 7. 030932472097663. <https://doi.org/1.1177/0309324720976637>

3. Mallick P.K. Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design. – Edit. 3. – CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 2007. 619 p. <https://doi.org/10.1201/9781420005981>

4. Monticeli F., Almeida H.Jr., Neves R.M. et al. On the 3D void formation of hybrid carbon/glass fiber composite laminates: A statistical approach // Compos. Part A Appl. Sci. Manuf. 2020, 137. 106036. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2020.106036>

5. Sathishkumar T.P., Naveen J., Satheeshkumar S. Hybrid fiber reinforced polymer composites - review //

- J. Reinf. Plast. Compos. 2014, 33, 5. P. 454...471. <https://doi.org/10.1177/0731684413516393>
6. Nam G., Wu N., Okubo K. et al. Effect of natural fiber reinforced polypropylene composite using resin impregnation // *Agricultural Sci.* 2014, 5, 13. P. 1338...1343. <https://doi.org/10.4236/as.2014.513143>
7. Hong C.K., Hwang I., Kim N. et al. Mechanical properties of silanized jute–polypropylene composites // *J. Ind. Eng. Chem.* 2008, 14, P. 71...76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2007.07.002>
8. Akil H.M., Omar M.F., Mazuki A.A. et al. Kenaf fiber reinforced composites: A review // *Mater. Des.* 2011, 32, 8–9. P. 4107...4121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2011.04.008>
9. Ichazo M.N., Albano C., Gonzalez J. et al. Polypropylene/wood flour composites: treatments and properties // *Compos. Struct.* 2001, 54, P. 207...214. [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-8223\(01\)00089-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-8223(01)00089-7)
10. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning // *Autex Res. J.* 2015, 15, 3. P. 215...225. <http://dx.doi.org/10.1515/aut-2015-0003>
11. Koksharov S.A., Bikbulatova A.A., Kornilova N.L. et al. Justification of an approach to cellulases application in enzymatic softening of linen fabrics and clothing // *Text. Res. J.* 2022, 92, 21–22. P. 4208...4229. <http://dx.doi.org/10.1177/00405175221101018>
12. Aleeva S.V., Lepilova O.V. et al. Enzymative softening treatment of linen products: The impact of cellulases in the structure of a sweet fiber // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022, 401, 5. P. 126...134. http://dx.doi.org/10.47367/0021-3497_2022_5_126
13. Roy A. Fabrication of chemically modified jute fabric and nonwoven wet-laid glass fiber reinforced polycaprolactone composite // *JTSFT.* 2020, 5, 1. P. 602. <http://dx.doi.org/10.33552/JTSFT.2020.05.000602>
14. Terekhov I.V., Chistyakov E.M. Binders used for the manufacturing of composite materials by liquid composite molding // *Polymers.* 2022, 14, 1. P. 87. <https://doi.org/10.3390/polym14010087>
15. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Kornilova N.L. et al. Modification of the interfacial layer of reinforced polymer composites with nanodispersed silicon dioxide // *Inorganic Materials: Appl. Res.* 2021, 11, 5. P. 1243...1256. <https://doi.org/10.1134/S207511332105021X>
16. Kornilova N., Bikbulatova A. et al. Formation of the adhesive layer's graft-copolymer structure in the garment duplicated parts // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2021, 396, 6. P. 178...183. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2021_6_178
17. Tang C.-D., Guo J., Li J.-F. et al. Enhancing expression level of an acidophilic β -mannanase in *Pichia pastoris* by double vector system // *Annals of Microbiology.* 2014, 64, P. 561...569. <https://doi.org/10.1007/s13213-013-0689-7>
18. Rukhlyadeva A.P., Polygalina G.V. Methods for the determination of hydrolytic enzymes. M.: Legkaya i pishchishchevaya promyshlennost', 1981. 288 p.
19. Solodushenkova T.S., Kornilova N.L. et al. Influence of linen fiber polymeric components on the rigidity of woven fabric // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022, 400, 4. P. 128...135. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2022_4_128
20. Aleeva S.V., Lepilova O.V. et al. Selection of cellulases for impregnation of linen textile to perform the softening treatment // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022, 402, 6. P. 98...105. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2022_6_98

Рекомендована кафедрой мехатроники и радиоэлектроники ИВГПУ. Поступила 06.03.23.

УДК 687

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_176

**ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЛОСКОЙ РАЗВЕРТКИ
ПОЛУСФЕРИЧЕСКОЙ АРМИРУЮЩЕЙ ОБОЛОЧКИ***

**OBTAINING A MATHEMATICAL MODEL OF A HEMISPHERICAL REINFORCING
SHELL FLAT DEVELOPMENT**

Т.В. РУДНЕВА¹, А.А. ПРИВАЛОВ², Е.М. БАЗАЕВ¹, Г.П. ЗАРЕЦКАЯ¹, Е.П. ТАМБОВЦЕВА¹

T.V. RUDNEVA¹, A.A. PRIVALOV², E.M. BAZAEV¹, G.P. ZARETSKAYA¹, E.P. TAMBOVTSEVA¹

¹ (Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина,

²Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Россия)

(Kosygin Russian State University,
State Technical University – MADI)

E-mail: rudneva.tv@yandex.ru, a_privalov@bk.ru, bazaevem@mail.ru, zaretskaya-gp@rguk.ru,
tambovtseva-ep@rguk.ru

В статье представлены разработки, относящиеся к методам проектирования и изготовления швейных оболочек сложной пространственной формы. Одним из наиболее актуальных направлений в этой области является получение форм, близких к геометрическим параметрам человеческого тела, что делает армирующие оболочки адаптированными для изготовления средств индивидуальной защиты тела. К наиболее важным требованиям относится сохранение целостности оболочки в процессе производства и эксплуатации. При изготовлении оболочек, полученных на основе сети меридианов и параллелей, в полюсной области оболочки из-за сходимости нескольких меридианов появляется излишняя толщина, снижается технологичность изделия и процесса. Для решения поставленной задачи получения оболочки с постоянной толщиной в полюсной области применены методы математического моделирования для построения схемы полусферических оболочек с перераспределением меридианов.

The article presents developments relating to design and fabrication method of complex spatial shape sewn shells. One of the promising research areas is to obtain shapes close to geometric parameters of the human body, which makes the reinforcing shells adaptable for manufacture of individual body protection means. The most important requirements include maintaining the integrity of the shell during production and operation. During shell manufacturing on the basis of a

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 19-29-13044 и № 20-31-90116.

mesh of meridians and parallels, in the polar area of the shell, due to the convergence of several meridians, excessive thickness appears, reducing the manufacturability of both the product and the process. To solve the problem of obtaining the shell with equal thickness in polar area, we applied methods of mathematical modeling of hemispherical shells with meridians redistribution.

Ключевые слова: швейные оболочки, нерегулярная структура, природные оболочки, математическое описание, сеть меридианов и параллелей, плоская развертка, формообразование, схема армирования.

Keywords: sewn shells, irregular structures, natural shells, mathematical description, mesh of meridians and parallels, flat development, shell forming, reinforcement pattern.

Сферические оболочки и приближенные к ним оболочки сложной пространственной формы используются в разных областях промышленности. Достижение требуемой формы оболочки и готового изделия возможно с использованием как традиционных методов формообразования, так и инновационных, основанных на особенностях нерегулярной структуры оболочки.

Наиболее перспективным в этой области является проектирование армированных оболочек с нерегулярной структурой, а также со структурой природных оболочек, поскольку они обладают наилучшим соотношением массы и прочности. В природе существует множество примеров армированных 2D (крылья насекомых, листья растений, паутина) и 3D структур (кость человека, стебель бамбука, кость каракатицы, пчелиные соты и др.). Легкие сетчатые оболочки, созданные по образцу структур природных объектов и состоящие из взаимосвязанных нитей (жилок), образующих стороны ячеек, представляют собой новый класс высокоэффективных материалов [1], [2].

Целью исследования является разработка математического аппарата построения плоской развертки равнотолщинной полусферической армирующей оболочки.

С этой точки зрения наибольший интерес представляют армированные оболочки на основе сети меридианов и параллелей, имеющие аналоги в природе. Возникающее утолщение в центральной части при изготовлении оболочки в соответствии с

такой сетью приводит к снижению технологических показателей за счет пересечения нескольких нитей в одной точке. Сеть меридианов и параллелей позволяет решить эту задачу без усложнения технологии. В данной работе представлен метод проектирования армирующих оболочек вращения с постоянной толщиной в полюсной области на основе сети меридианов и параллелей.

Подобные сети меридианов и параллелей встречаются в природе – в паутине пауков-кругопрядов, имеют схожую структуру: прочные нити, образующие основной каркас паутины; якорные нити, соединяющие каркас с опорой в окружающей среде; радиальные нити, ловчая спираль и ступица. Ступица является центром паутины и может иметь отверстие (рис. 1, а) или представлять собой участок шелковых нитей, соединенных между собой (рис. 1, б) [3]. Поэтому в природе проблема сходящихся меридианов решается путем распределения нитей в полюсной области.

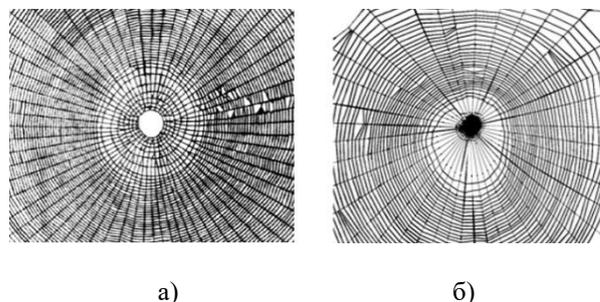


Рис. 1

Задачи проектирования оболочки с постоянной толщиной в полюсной области в

данном исследовании решаются методами математического моделирования и графического построения разверток в среде MathCAD. Полученные модели предполагается использовать для проектирования и изготовления оболочек швейными методами. Наиболее перспективным способом изготовления разработанной оболочки на сегодняшний день является техническая вышивка, в том числе тафтинг.

Предлагаемая структура сети с постоянной толщиной в полусфере схематично выглядят следующим образом (рис. 2).

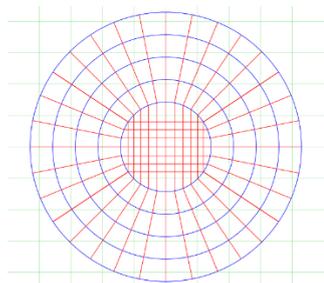


Рис. 2

В такой оболочке, начиная с экватора и до заданной параллели, сохраняется сферическая структура, далее незаконченные меридианы соединяются отрезками окружностей (рис. 3).

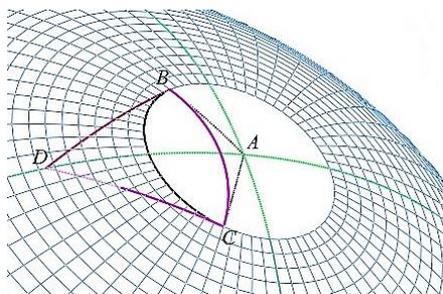


Рис. 3

На рис. 3 для треугольника ABC, образованного отрезками меридианов AB и AC (A – полюс сферы) и отрезком параллели BC, строится сферический треугольник DBC, у которого дуги DB и DC перпендикулярны дугам AB и AC соответственно. Тогда сторона BC будет касаться дуг AB и AC и, следовательно, будет являться непрерывным продолжением меридианов, подходящих к точкам B и C.

Точку D находим по специальной формуле:

$$D = B \cos t_0 + \frac{B \times A}{|B \times A|} \sin t_0, \quad (1)$$

где D, B и A – радиус-векторы точек D, B и A, а параметр t_0 определяется по формуле:

$$t_0 = \arctg \frac{(1 - B \cdot C) |B \times C|}{(B \times C) \cdot C}. \quad (2)$$

Используя этот метод, можно получить полюсные области с равномерным или неравномерным распределением нитей.

Предложенный подход позволяет спроектировать армирующий каркас оболочки, который в той или иной мере должен стать частью изделия в виде детали из волокнистого материала [6], [7]. В этом случае нити с различными свойствами в одном и том же материале могут придать готовому изделию желаемые свойства, такие, как прочность, жесткость, эластичность, проводимость и т.д.

Передовые технологии позволяют комбинировать несколько швейных методов, получая материал с новыми свойствами. Например, в одном изделии можно совместить высокую жесткость и гибкость, а также улучшить механические характеристики и снизить стоимость производства [8].

Для дальнейшего развития технологии изготовления армирующей оболочки целесообразно сочетать традиционные текстильные способы со швейными, такими, как тафтинг, техническая вышивка, прошивка. Возможно использование сухого или мокрого валяния, в процессе которого армирующую оболочку помещают между слоями волокнистого холста, закрепляя желаемую форму и обеспечивая ее стабильность, что представляет интерес для применения в качестве защитных накладок для бронежилетов и специальной одежды [6].

Сочетание швейных технологий и технологий нетканых материалов позволит изготавливать детали переменной толщины со сложной конфигурацией поверхности.

Основным недостатком применения традиционных швейных технологий для изготовления таких оболочек является

сложность получения деталей с требуемой толщиной, как равномерной, так и переменной [9, 10].

Прошивка является самым простым швейным методом получения армирующих оболочек и не требует значительных затрат, так как для прошивки подходит традиционное оборудование [10]. Процесс прошивки имеет свои недостатки, главным из которых является снижение механических свойств материала при растяжении, сжатию, сдвиге и т.д. При прокалывании иглой происходит локальное повреждение волокон и деформация ткани, что снижает механические характеристики изделия [7, 10, 11].

Разновидностью прошивки является техническая вышивка. В этом процессе армирующий элемент располагается по траектории хода вышивальной головки и пришивается к поверхности ткани-основы. С помощью современных вышивальных машин с компьютерным управлением можно точно прокладывать армирующую нить по довольно сложным траекториям [10].

Значительный интерес представляет технология трехмерного армирования оболочек тафтинговым швом, при котором армирующие нити различных типов вводятся в основу перпендикулярно поверхности почти без повреждений материала. В качестве материала основы могут использоваться тканые или нетканые материалы. Кроме того, преимуществом тафтинга является низкая истираемость нити, по сравнению с прошивкой. Технология тафтинга позволяет не только скреплять слои оболочки под любыми углами, но и закреплять в заданном положении нити стежка на поверхности.

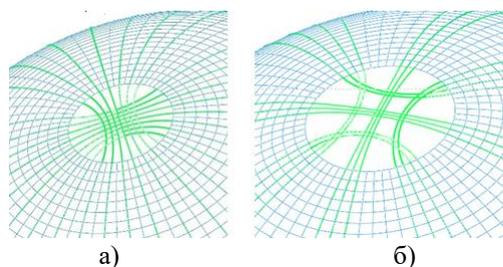


Рис. 4

Согласно предложенному методу можно проектировать оболочки как с отдельными

нитями, так и с пучком нитей, распределенных в полюсной области (рис. 4). В этом случае полюсная область будет иметь отверстие, как в ступице колесовидной природной паутины.

Для построения развертки сети на плоскость сначала рассмотрим криволинейный четырехугольник PQRS (рис. 5, а).

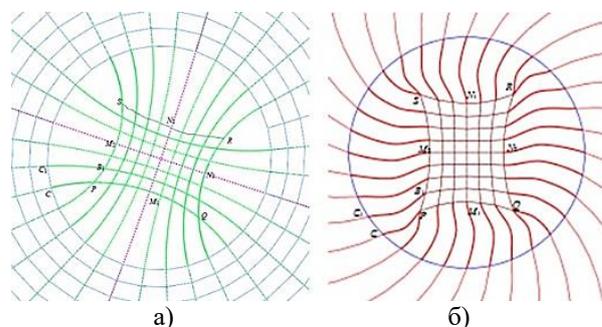


Рис. 5

Найдем длины сторон четырехугольника PQRS и длины сторон ячеек, покрывающих область PQRS.

Затем построим на плоскости перпендикулярные отрезки (основа и уток) M_1N_1 и M_2N_2 . Далее, как и при построении сетей Чебышева, по найденным длинам ячеек строим развертку четырехугольника PQRS на плоскость (рис. 5, б).

Соединяем узлы на окружности (заданной параллели $\theta = \theta_0$) с соответствующими узлами четырехугольника PQRS специальными кривыми так, чтобы склейка в узлах была гладкой (без изломов) и их длины были равны соответствующим дугам на сфере.

Поскольку изготовление сетчатой оболочки должно осуществляться в рамках одного процесса производства, необходимо разработать схему армирования непрерывной нитью.

Возвращаясь к схематичному изображению сети на рис. 2, заметим, что она представляет собой связный плоский граф. Все вершины этого графа имеют степень 4 (число ребер, выходящих из вершины), кроме вершин, лежащих на внешней окружности, – все они имеют степень 3. Поэтому этот граф не является эйлеровым графом, так как не содержит эйлеров цикл. Напомним, что эйлеров путь – это путь,

проходящий по всем ребрам графа и при этом только по одному разу. Эйлеров цикл – эйлеров путь, являющийся циклом, то есть замкнутый путь, проходящий через каждое ребро графа ровно по одному разу. Эйлеров граф – граф, содержащий эйлеров цикл. Полуэйлеров граф – граф, содержащий эйлеров путь.

Иными словами, нельзя построить этот граф одним этапом или изготовить сеть одной нитью (лентой). Л. Эйлер доказал, что это можно сделать тогда и только тогда, когда все вершины имеют четную степень (в полуэйлеровом графе ровно две вершины могут иметь нечетную степень).

Однако следующая конфигурация уже является эйлеровым графом (рис. 6, а).

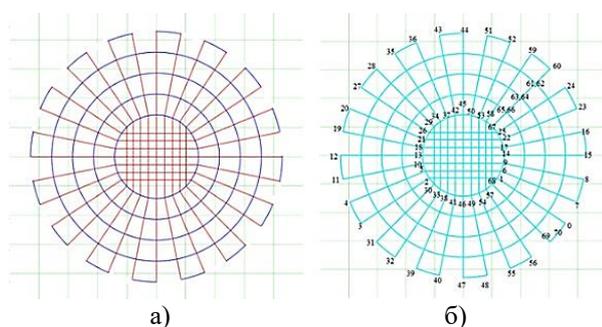


Рис. 6

Схему, соответствующую эйлерову циклу, можно построить, переходя от точки к точке по номерам (рис. 6, б).

Таким образом, в соответствии с предложенной последовательностью вышивки весь рисунок армирования может быть выполнен одной непрерывной нитью.

Анализ существующих швейных методов изготовления армирующих оболочек показывает, что постоянно возрастающая сложность конструкций и предъявляемые к ним требования диктуют направления развития методов армирования и совершенствования оборудования. Все рассмотренные технологии армирования позволяют получать более прочные и легкие армированные конструкции по сравнению с традиционными швейными технологиями.

В области проектирования инновационных армирующих конструкций все большее развитие получает применение геометрических принципов природных

оболочек. С использованием структурных особенностей, присущих природным материалам и формам, становится возможным разработать новые подходы к проектированию конструктивных изделий с улучшенными прочностными и весовыми характеристиками, поскольку природные объекты обладают уникальными характеристиками, включающими эффективное использование материала и распределение усилий при значительной структурной прочности.

На свойства природных оболочек, как и текстильных материалов, влияет геометрическая структура, а их сложность и разнообразие позволяют найти новые подходы к проектированию швейных оболочек с улучшенными эксплуатационными свойствами [12].

Как уже упоминалось выше, сеть меридианов и параллелей похожа на колесовидную паутину. Метод проектирования полюсной области в таких оболочках заключается в схождении меридианов в одной точке или создании отверстия на полюсе [12].

Ранее исследования в области проектирования сферических оболочек были сосредоточены на конструкциях с отверстием в полюсной области (рис. 7), поскольку технологически это проще выполнить [13, 14].

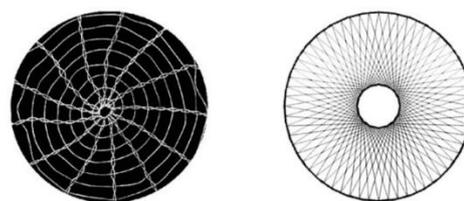


Рис. 7

В другом случае получается чрезмерная толщина (рис. 8).



Рис. 8

Сравнительный анализ радиально-кольцевых структур позволил установить,

что вариант проектирования полюсной области оболочки с отверстием может привести к снижению прочности, так как в этом случае меридианы имеют обрыв. В другом случае меридианы проходят через всю оболочку, но сходятся на полюсе в одной точке и создают таким образом излишнюю толщину. Снижение толщины за счет удаления некоторых меридианов также приведет к снижению прочности.

Предлагаемый метод проектирования позволяет при изготовлении получать сферические оболочки с одинаковой толщиной и плотностью нитей в полюсной области, что может найти применение в производстве технических изделий, бронезилетов и специальной одежды, головных уборов, купольных и других конструкций [15].

Требуемая прочность готового изделия обеспечивается, наряду с другими факторами, сохранением целостности армирующей нити, что достигается ее непрерывностью при прокладывании методами прошивки или технической вышивки. Сохранение целостности нетканой оболочки может быть достигнуто также включением в структуру крепежных элементов, упорядочением структуры волокнистого слоя за счет использования полуфабрикатов войлока, таких, как префельт или ровница, и закреплением структуры готовых деталей путем пропитки жидкими полимерами.

Таким образом, предложен метод проектирования и изготовления сетчатой равнотолщинной сферической оболочки, заключающийся в перераспределении меридианов в полюсной области с сохранением их числа и формировании оболочки одной непрерывной нитью, что позволяет улучшить ее прочностные свойства.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что для армирования оболочек сложной пространственной формы различного назначения используются волокнистые материалы с разной структурой: отдельные волокна, нити, ткани, нетканые материалы, полученные с использованием традиционных текстильных технологий, включая валяние, и швейных, полочивших широкое применение в послед-

нее время, таких, как тафтинг, техническая вышивка.

2. Определены предпосылки получения комбинированных текстильных материалов, в создании которых задействованы различные технологии производства, чтобы обеспечить новые сочетания свойств оболочки. Использование тех или иных комбинаций технологий определяется назначением оболочки.

3. Обозначены проблемы изготовления полусферических оболочек на основе сети меридианов и параллелей, заключающиеся в образовании области излишней толщины в точке схождения меридианов, что снижает технологичность, или отверстия, ухудшающего целостность и прочностные свойства.

4. Предложен математический аппарат построения схемы полусферической оболочки, имеющей равную толщину в полюсной области за счет перераспределения меридианов. Разработаны схема и траектория настраивания армирующей непрерывной нити сферической оболочки, соответствующие Эйлерову графу и Эйлерову циклу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Thiyagarajan K.* Bio Inspired Light weight Composite Material Design for 3D Printing. Master Thesis. South Dakota State University, 2017.
2. *Mirzaani M.J.* Using Bio-Inspired design elements in the fabrication of cellular materials with special properties and functionalities. Doctoral Dissertation. Politecnico di Milano, Department of Mechanical Engineering, Milano, Italia, 2017.
3. *Blackledge T., Kuntner M., Agnarsson I.* The Form and Function of Spider Orb Webs // *Advances in Insect Physiology*. 2011, 41, p. 175...262.
4. *Zschokke S.* Form and Function of the orb-web // *European Arachnology*. 2000, p. 99...106.
5. *Zschokke S.* Structure, building and evolution of spider webs. Электронный ресурс: <https://bio.staern.li/research.php?lang=en>
6. *Тамбовцева Е.П., Зарецкая Г.П., Руднева Т.В., Мезенцева Т.В.* Применение армирующих основ при изготовлении волокнистых наполнителей для деталей одежды из композиционных материалов // *Наука – Технологии – Производство. Light Conf 2021: матер. междунар. науч.-техн. конф., 29-31 марта 2021 г.* СПб.: СПбГУПТД, 2021.
7. *Зарецкая Г.П., Базаев Е.М., Руднева Т.В., Лунина Е.В.* Технологии трехмерного армирования текстильными и швейными методами конструкций

из полимерных композиционных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6. С. 107...115.

8. Inoda M., Sugimoto K., Nakai A. & Hamada H. Mechanical Properties of Textile Hybrid Composite. Composites technologies for 2020 // Proceedings of the Fourth Asian-Australasian Conference on Composite Materials (ACCM-4). University of Sydney, Australia, 6-9 July, 2004.

9. Донецкий К.И., Раскутин А.Е., Хиллов П.А., Лукьяненко Ю.В., Белинис П.Г., Коротыгин А.А. Объемные текстильные преформы, используемые при изготовлении полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. 2015. №9.

10. Tong L., Mouritz A.P., Bannister M.K. 3D fibre reinforced polymer composites. Elsevier Science Ltd., Oxford, 2002.

11. Mouritz A.P., Leong K.H., Herszberg I. A review of the effect of stitching on the in-plane mechanical properties of fibre-reinforced polymer composites // Composites Part A. Applied Science and Manufacturing. 1997, 28. Is. 12. P. 979...991.

12. Руднева Т.В. Разработка метода проектирования швейных изделий по принципу строения природных оболочек: дис. ... канд. техн. наук. М.: МГУДТ, 2015.

13. Frontczak-Wasiak I., Snycerski M., Ciesielska I. Textile Structures Modeled on a Spider's Net // Fibres and Textiles in Eastern Europe. 2008, 16. P. 54...58.

14. Feng P., Ye, Lie-ping, Teng, J.G Large-Span Woven Web Structure Made of Fiber-Reinforced Polymer // Journal of composites for construction. 2007. March/April.

15. Тамбовцева Е.П., Зарецкая Г.П. Проектирование изменяемых элементов пакета материалов для создания универсальных средств индивидуальной защиты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. №5. С. 175...179.

REFERENCES

1. Thiyagarajan K. Bio Inspired Lightweight Composite Material Design for 3D Printing. Master Thesis. South Dakota State University, 2017.

2. Mirzaani M.J. Using Bio-Inspired design elements in the fabrication of cellular materials with special properties and functionalities. Doctoral Dissertation. Politecnico di Milano, Department of Mechanical Engineering, Milano, Italia, 2017.

3. Blackledge T., Kuntner M., Agnarsson I. The Form and Function of Spider Orb Webs // Advances in Insect Physiology. 2011, 41, p. 175...262.

4. Zschokke S. Form and Function of the orb-web // European Arachnology. 2000, p. 99...106.

5. Zschokke S. Structure, building and evolution of spider webs. Retrieved from <https://bio.staern.li/research.php?lang=en>

6. Tambovtseva E.P., Zaretskaya G.P., Rudneva T.V., Mezentseva T.V. Application of reinforcing frameworks in the manufacture of fiber fillers for clothing parts made of composite materials // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference Light Conf 2021 «Science – Technologies – Production», 29-31 march 2021. SPb.: SPSUITD, 2021.

7. Zaretskaya G.P., Bazaev E.M., Rudneva T.V., Lunina E.V. Technologies of 3D reinforcement by textile and sewing methods of constructions from polymer composite materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. № 6(396). P. 107...115.

8. Inoda M., Sugimoto K., Nakai A. & Hamada H. Mechanical Properties of Textile Hybrid Composite. Composites technologies for 2020 / Proceedings of the Fourth Asian-Australasian Conference on Composite Materials (ACCM-4). University of Sydney, Australia, 6-9 July, 2004.

9. Donetskij K.I., Raskutin A.E., Hilov P.A., Luk'yanenko Yu.V., Belinis P.G., Korotygin A.A. Volumetric textile preforms used in the production of polymer composites (review) // Electronic scientific journal «Proceedings of VIAM». 2015. №9.

10. Tong L., Mouritz A.P., Bannister M.K. 3D fibre reinforced polymer composites. Elsevier Science Ltd., Oxford, 2002.

11. Mouritz A.P., Leong K.H., Herszberg I. A review of the effect of stitching on the in-plane mechanical properties of fibre-reinforced polymer composites // Composites Part A. Applied Science and Manufacturing. 1997. Vol. 28. Is. 12. Pp. 979...991.

12. Rudneva T.V. Development of a design method of garments based on the principle of natural shell structure: thesis PhD of technical sciences: 05.19.04 defense. 23.11.15. M.: MSUBT, 2015.

13. Frontczak-Wasiak I., Snycerski M., Ciesielska I. Textile Structures Modeled on a Spider's Net // Fibres and Textiles in Eastern Europe. 2008. Vol.16. Pp. 54...58.

14. Feng P., Ye, Lie-ping, Teng J. G. Large-Span Woven Web Structure Made of Fiber-Reinforced Polymer // Journal of composites for construction. March/April, 2007.

15. Tambovtseva E.P., Zaretskaya G.P. Variable elements of a material package design for the creation of universal personal protective equipment // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. №5(395). P. 175...179.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 21.01.23.

УДК 677.055.5

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_183

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ КОНСТРУКЦИИ РАСПРАВИТЕЛЯ
ДЛЯ ОТТЯЖКИ ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА
НА КРУГЛОБОРОТНЫХ МАШИНАХ**

**DEVELOPMENT OF AN EFFICIENT DESIGN OF THE STRAIGHTENER
FOR STRETCHING THE KNITTED FABRIC ON PURL CIRCULAR MACHINES**

Т.К. АЛЛАМУРАТОВА

T.K. ALLAMURATOVA

(Каракалпакский государственный университет им. Бердаха, Республика Узбекистан)

(Berdakh Karakalpak State University, Republic of Uzbekistan)

E-mail: tamaraallamuratova67@gmail.com

На круглооборотных машинах из-за разницы силы оттяжки, влияющей на петлю, сформированную на иглах верхнего и нижнего цилиндров, длина нити в петлях верхнего и нижнего цилиндров получается разной, что оказывает негативное влияние на качество трикотажа. Из-за разницы усилий, растягивающих петельные столбики у края и в центре оттяжных валиков, не удастся получить стабильную поверхностную плотность трикотажа.

В статье приводится новая эффективная конструкция и принцип работы направителя для равномерной по натяжению оттяжки трикотажного полотна на круглооборотных машинах.

On circular purl machines, because of the difference in the take-down tension affecting the loop formed on the needles of the upper and lower cylinders, the result is different lengths of thread in the loops, which has a negative effect on the quality of the knitwear. Because of the difference in the force of the stretching wales at the edge and in the center of the pulling rollers, it is not manageable to get a stable surface density of knitwear.

The article presents a new efficient design and the principle of operation of the stretcher board for a uniformly stretching the knitted fabric on circular purl machines.

Ключевые слова: трикотажное полотно, цилиндр, натяжение, расправитель, кольцо, равномерность, силы оттягивания, угол.

Keywords: knitted fabric, cylinder, tension, straightener, ring, uniformity, retraction force, angle.

Эффективность применения трикотажа постоянно возрастает благодаря расширению ассортимента, улучшению качества, совершенствованию оборудования, применению оптимизации режимов вязания и рациональных видов сырья.

В области технологии вязания принято фундаментальное положение, которое лежит в основе проектирования трикотажных изделий: размеры полотен и изделий в условно-равновесном состоянии при заданных заправочных параметрах машины полностью определяются длиной нити в петле. Установлено также, что изменение длины нити в петле существенно влияет на физико-механические и эксплуатационные характеристики трикотажных полотен, процессы усадки, пороки внешнего вида полотен. Таким образом, длина нити в петле обоснованно принята за основной критерий качества трикотажной продукции [1].

На процесс вязания влияют свойства сырья, конструкция механизма, подача нити, оттяжка полотна и параметры режима вязания. Изменение этих факторов делает процесс вязания недостаточно стабильным, в результате чего длина нити в петле воспроизводится с отклонениями, которые превышают 15...20%, а сами изменения носят случайный характер. Поэтому вследствие изменения длины нити в петле большинство видов трикотажных полотен структурно неоднородно, а при вязании простыми и комбинированными переплетениями имеет видимую зебристость. Структурная неоднородность полотна снижает сортность трикотажной продукции. Кроме того, вследствие изменения длины нити в петле линейные размеры и поверхностная плотность трикотажа нестабильны; припуски на размеры изделий при этом возрастают. При раскрое полотна, деталей изделий возникают дополнительные отходы. Часть изделий выкраивают меньшим размером, либо они переходят в несортную продукцию. Возникает проблема комплектования штучных изделий, подбора их в пары (чулочные изделия, перчатки). Это затрудняет автоматизацию процесса и снижает производительность труда.

Влияние усилия оттяжки на длину нити в петле в основном определяется изменением перетяжки нити. Качественно это влияние характеризуется тем, что с ростом натяжения полотна длина нити в петле увеличивается. Таким образом, при изменении уровня натяжения полотна при вязании возникают систематические погрешности (отклонения) длины нити в петле.

Изменения усилия оттяжки оказывают на качество изготавливаемого трикотажа двоякий эффект: во-первых, приводят к отклонениям длины нити в петле, во-вторых, при постоянной длине нити в петле вызывают изменение геометрии (формы) петель, а следовательно, размеров вырабатываемых изделий. В последнем случае контроль линейных размеров и показателей плотности полотна по горизонтали Пг и по вертикали Пв несет в себе неправильную информацию о качестве процесса вязания.

Таким образом, при контроле линейных размеров обязательно условие обеспечения постоянного уровня оттяжки и его контроля.

При вязании на одной машине отклонения в натяжении полотна в основном определяются способом натяжения полотна, конструкцией механизма оттяжки, формой и размерами ширителя. Отклонения усилия оттяжки петель по периметру трубчатого полотна приводят к изменению структурных характеристик участков полотна: показателей плотности петель и поверхностной плотности. Например, на кругловязальных двухластичных машинах отклонения поверхностной плотности участков полотна по его периметру составляют 43 г/м², т.е. 20% [2].

На круглой тонколастичной машине петли образуются на иглах цилиндра последовательно с распределением. Процесс образования петли выполняется в два периода. Сначала образуется петля на игле цилиндра, а затем на игле диска. Петля, полученная на игле цилиндра, имеет увеличенный размер для того, чтобы во второй период могло произойти распределение нити, т.е. перетягивание избытка нити с иглы цилиндра на иглу диска. Таким образом, игла диска распределяет нить увеличенной петли на две одинаковые петли:

одну на игле цилиндра и другую на игле диска, которые образуют петельную структуру полотна [3].

Особенностью работы машин с двухголовочными язычковыми иглами является то, что за период образования одного петельного ряда иглы перемещаются только в одном направлении. Если на двухцилиндровой машине в одной петлеобразующей системе иглы перемещаются снизу вверх, то в другой, смежной, – сверху вниз. В результате в процессе образования одного петельного ряда иглы переходят из одной игольницы в другую и старые петли сбрасываются попеременно с противоположных концов или головок иглы. Процесс петлеобразования делится на такие же десять операций и выполняется в той же последовательности, как и на вязальных машинах с одноголовочными иглами. Особенность состоит лишь в том, что формирование новых петель происходит в каждом последующем петельном ряду с противоположного конца иглы. Передача игл осуществляется специальными игловодителями, причем каждой игле соответствуют два игловодителя. Игловодителям сообщается движение двух видов: возвратно-поступательное вдоль игольных пазов и приподнимание-опускание для захвата игл или их освобождения от зацепления [3].

Известен расправитель для оттяжки трикотажного полотна в двухфонтурных кругловязальных машинах, выполненный в виде цилиндрического кольца, которое жестко установлено в цилиндре вертикально и под углом 45° к направлению петель в зоне петлеобразования [4].

Основным недостатком данной конструкции является получение трикотажного полотна с неравномерной петельной структурой из-за неравенства сил оттяжки петель от игл диска и от игл цилиндра за счет различных сил натяжения. Кроме того, при необходимости обеспечения равенства натяжений полотен при различных значениях трения о поверхность, а также при колебаниях полотен нет возможности изменения расположения кольцевидного расправителя.

Расправитель для оттяжки трикотажного полотна в двухфонтурных кругловязальных машинах, выполненный в виде кольца, установленного жестко внутри цилиндра машины, соединен с тремя уголками с возможностью регулирования установки по высоте, при этом углы между ними $j=120^\circ$, а в вертикальных основаниях выполнены вертикальные пазы [5]. Недостатком данной конструкции является неравномерность распределения силы оттяжки по круглому периметру получаемого трикотажного полотна. Это происходит за счет различных длин оттяжки петель по периметру сечения: в пределах 730-750 мм по краю полотна и до 680-700 мм по центру. Эта разница длин образующих приводит к неровноте получаемого полотна.

Кроме того, в работах [4, 6...13] отмечается, что неравномерность усилия оттяжки различных типов оттяжных механизмов колеблется от 7 до 62%, поэтому их применение вызывает значительное колебание поверхностной плотности трикотажа.

Из-за неодинаковых углов охвата ширителя полотном разница усилий, растягивающих петельные столбики у края и в центре оттяжных валиков, составляет примерно 10%. В результате исследований можно отметить, что получить стабильную поверхностную плотность трикотажа также не удастся. При высоком качестве сырья нестабильность поверхностной плотности трикотажа будет зависеть от технологических и конструктивных параметров вязания, уровня подготовки пряжи к вязанию, параметров паковки и др.

В следующей известной конструкции расправитель для оттяжки трикотажного полотна на круглооборотных машинах выполнен в виде кольца, установленного жестко в цилиндре машины, при этом кольцо жестко соединено с тремя уголками, закрепленными внутри цилиндра с возможностью регулирования установки по высоте, при этом углы между ними $j=120^\circ$, а в вертикальных основаниях выполнены вертикальные пазы. Кольцо выполнено различного диаметра и разделено на четыре одинаковые части с углом обхвата α от 75° до 80° , при этом противоположные сто-

роны одной пары частей кольца выполнены диаметром d_2 , большим на 30...35 мм относительно диаметра d_1 другой противоположной стороны частей кольца [14...18]. Недостатком данной конструкции являются затруднения в изготовлении кольца с различными диаметрами.

С целью обеспечения ровноты по всему периметру трикотажного полотна петельной структуры, получаемого на круглооборотных машинах, и усовершенствована конструкция расправителя.

Задачей изобретения является обеспечение равномерной структуры по всему периметру трикотажного полотна.

Поставленная задача решается путем совершенствования конструкции расправителя за счет выравнивания сил натяжения оттягиваемых петель по всему периметру трикотажного полотна.

Сущность конструкции расправителя для оттяжки трикотажного полотна на круглооборотных машинах заключается в том, что расправитель выполнен в виде воронки, соединенной с тремя уголками, закрепленными внутри цилиндра с возможностью регулирования установки по высоте. Воронка выполнена из двух противоположно расположенных частей цилиндра и двух частей усеченного конуса между ними. При этом все четыре части воронки охвачены углом α от 75° до 80° , а нижние основания усеченных конусов выполнены диаметром d_2 . Длина образующей части усеченного конуса выбрана большей на 30÷35 мм, чем длина образующей части цилиндра воронки. Все четыре части воронки между собой сопряжены плавным переходом. Выполнение воронки из двух противоположно расположенных частей цилиндра и установленных между ними двух частей усеченного конуса обеспечивает равномерное натяжение петель по всему периметру трикотажного полотна в круглооборотной машине.

Изобретение поясняется чертежом, где на рис. 1 – общая схема направителя в зоне петлеобразования; на рис. 2 – вид А на рис. 1; на рис. 3 – вид Б на рис. 1; на рис. 4 – вид С на рис. 1; на рис. 5 – сечение В-В на рис. 4; на рис. 6 – сечение Г-Г на рис. 4.

Круглооборотная машина выполнена в виде круга, состоящего из верхнего цилиндра 8 и нижнего цилиндра 2 (на рисунке представлена только часть цилиндров). На рис. 1 $d_{вц}$ и $d_{нц}$ соответственно диаметры верхнего и нижнего цилиндра, d_n – верхний диаметр воронки 1, а d_2 – диаметр нижнего основания части усеченного конуса 13 воронки 1.

Конструкция состоит из расправителя 1 в виде воронки, которая разделена на четыре одинаковые части с углом обхвата α каждой части от 75° до 80° (см. рис. 4). При этом противоположные части воронки 1 находятся в одной горизонтальной плоскости, причем одна из пар противоположных частей воронки 1 выполнена в виде части цилиндра 12 (см. рис. 5), вторая пара – в виде части усеченного конуса 13 (см. рис. 6). При этом все четыре части воронки 1 соединены между собой соответствующими переходными четырьмя частями воронки 1 с углами обхвата β от 10 до 15° . Соединение частей воронки 1 осуществлено сваркой. Расправитель 1 жестко соединен с тремя уголками 3 (угол между ними $j=120^\circ$) (рис. 3), в вертикальных основаниях которых имеются пазы 11 (рис. 2 и рис. 3). Уголки 3 соединены с нижним цилиндром 2 посредством винтов 4 с шайбами 5. В зоне петлеобразования иглы 6 нижнего цилиндра 2 образуют петли 10, а иглы 7 верхнего цилиндра 8 образуют петли 9 (рис. 1).

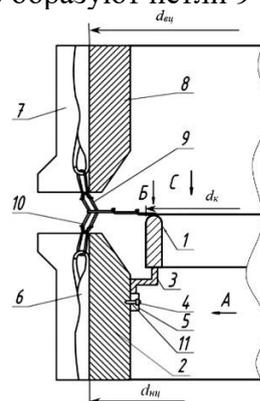


Рис. 1

Предлагаемая конструкция работает следующим образом. Иглы 6 нижнего цилиндра 2, двигаясь вверх и вниз по вертикали, образуют петли 10, а иглы 7 верхнего ци-

линдра 8, двигаясь возвратно-поступательно по вертикали, образуют петли 9. Петли 9 и 10, обхватывая под определенными углами расправитель 1, далее оттягиваются вниз. При этом за счет колебаний петель 9 и 10 и различных значений сил трения петель 9 и 10 о поверхности верхнего цилиндра 8 и нижнего цилиндра 2 натяжения петель будут различными.

Вид А (деталь 3)

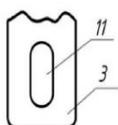


Рис. 2

Вид Б (деталь 1,2,3) (уменьшено)

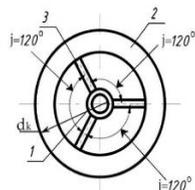


Рис. 3

За счет регулировки установки по вертикали уголков 3 расправителя 1 посредством винтов 4 и шайб 5 можно выбрать необходимое положение воронки 1, обеспечивающее неравномерность натяжений петель 9 и 10. При этом

$$l_k - h_n = 30 \div 35 \text{ мм},$$

где h_n – длина цилиндрической части 12 воронки 1; l_k – длина части 13 усеченного конуса воронки 1.

Это позволяет выровнять петли во всех четырех частях воронки 1 и обеспечить равномерность их натяжения.

Определение натяжения петель полотна

Для аналитического решения задачи определения натяжений полотен в верхнем и нижнем цилиндрах круглооборотных машин при использовании нового эффективного расправителя в виде воронки одна из пар противоположных частей воронки 1 выполнена в виде части цилиндра, вторая пара – в виде части усеченного конуса. На рис. 7 представлена расчетная схема.

Входное натяжение полотна в верхнем цилиндре трикотажной машины:

$$T_{вх} = T_{ср} + T_0 \sin nt, \quad (1)$$

где $T_{ср}$ – среднее значение входного натяжения полотна в верхнем цилиндре; T_0 – амплитуда колебаний входного натяжения полотна в верхнем цилиндре; n – частота изменения входного натяжения полотна; t – время изменения входного натяжения.

Вид С (деталь 1)

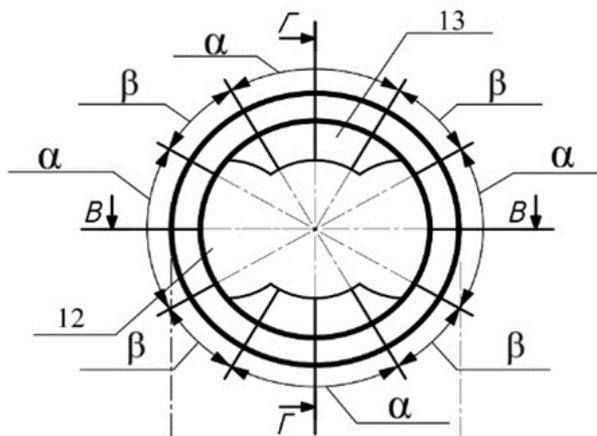


Рис. 4

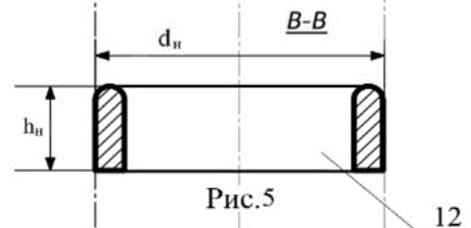


Рис. 5

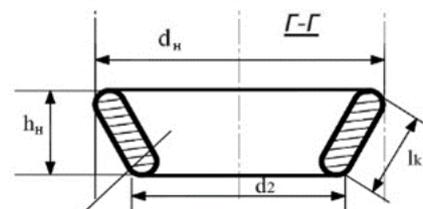


Рис. 6

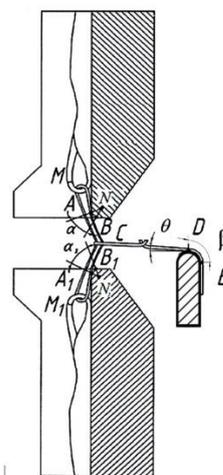


Рис. 7

Трикотажное полотно, охваченное кольцом иглы верхнего цилиндра круглооборотной машины, находится в зоне угла обхвата α , при этом натяжение полотна после кольца иглы верхнего цилиндра будет определяться согласно формуле Эйлера:

$$T_{\text{к.и.}} = T_{\text{вх}} e^{f(2\pi-j)}, \quad (2)$$

где j – угол охвата полотна кольцом иглы верхнего цилиндра; f – коэффициент трения полотна о поверхность кольца иглы верхнего цилиндра.

При этом имеем:

$$T_{\text{к.и.}} = e^{f(2\pi-j)} [T_{\text{ср}} + T_0 \sin nt]. \quad (3)$$

В верхнем цилиндре в зоне NA за счет трения между полотном и поверхностью цилиндра натяжение возрастает, и выражение для его определения имеет вид:

$$T_A = F_{\text{тр}} + e^{f(2\pi-j)} [T_{\text{ср}} + T_0 \sin nt], \quad (4)$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения между полотном и поверхностью верхнего цилиндра в зоне NA .

Выходное натяжение полотен в зоне оттягивания по краям воронки расправителя

$$T_{\text{вых}} = T_{\text{общ}} e^{f\beta}, \quad (9)$$

где β – угол обхвата полотном трикотажа поверхности воронки направителя машины: $\beta = DE$.

$$T'_{\text{общ}} = F'_{\text{тр}} e^{f(\alpha-\Delta\alpha)} + F'_{\text{мп1}} e^{f(\alpha_1+\Delta\alpha_1)} + [T_{\text{ср}} + T_{\text{ср1}} + (T_0 + T_{01}) \sin nt] (e^{f(2\pi-j+\alpha-\Delta\alpha)} + e^{f(2\pi-j+\alpha_1+\Delta\alpha_1)}). \quad (10)$$

При этом с учетом оттягивания полотен наклонно под углом θ к горизонтальной оси в зоне по центру воронки расправителя

Трикотажное полотно в верхнем цилиндре проходит через зону AB , при этом его натяжение будет:

$$T_{AB} = T_{\text{п.ц.}} e^{f\alpha}, \quad (5)$$

где α – угол соприкосновения полотна в зоне округления верхнего цилиндра AB .

Далее верхнее полотно выходит из контакта с верхним цилиндром и связывается с полотном, выходящим из контакта с нижним цилиндром круглооборотной машины, при этом выходное натяжение будет:

$$T_{AB} = F_{\text{тр}} e^{f\alpha} + e^{f(2\pi-j+\alpha)} [T_{\text{ср}} + T_0 \sin nt] \quad (6)$$

Подача верхнего и нижнего полотна происходит симметрично, выходное натяжение нижнего полотна определяется из выражения:

$$T_{A,B} = F_{\text{тр}} e^{f\alpha_1} + e^{f(2\pi-j+\alpha_1)} [T_{\text{ср1}} + T_{01} \sin n_1 t] \quad (7)$$

При объединении верхнего и нижнего полотен общее натяжение при $\alpha = \alpha_1$; $j = j_1$, $n = n_1$ будет

$$T_{\text{общ}} = e^{f\alpha} (F_{\text{мп}} + F_{\text{мп1}}) + e^{f(2\pi-j+\alpha)} [T_{\text{ср}} + T_{\text{ср1}} + \sin nt (T_0 + T_{01})]. \quad (8)$$

Во втором положении, то есть при оттягивании полотен по центру воронки расправителя усеченного конуса, полотна трикотажа будут наклонены вниз под определенным углом θ . При этом изменяется угол обхвата α на $\Delta\alpha$, а угол обхвата β полотнами воронки уменьшается на $\Delta\beta$. Тогда выходное натяжение полотен перед их оттягиванием будет определяться из выражения:

трикотажной машины общее натяжение оттягивания определяется из выражения:

$$T'_{\text{ВЫХ}} = F'_{\text{Тр}} e^{f(\alpha - \Delta\alpha)} + F'_{\text{мп}} e^{f(\alpha_1 + \Delta\alpha_1)} + [T_{\text{ср}} + T_{\text{ср1}} + (T_0 + T_{01}) \sin nt] \cdot e^{f(2\pi - j + \alpha - \Delta\alpha)} + e^{f(2\pi - j + \alpha_1 + \Delta\alpha_1)} (e^f C + e^f D) \quad (11)$$

где $C = 4\pi - j - \beta + \theta + \alpha - \Delta\alpha$; $D = 2\pi - j - \beta + \theta + \alpha_1 + \Delta\alpha_1$.

ВЫВОДЫ

1. При существующей технологии оттяжки трикотажного полотна на двухфонтурных круглооборотных машинах за счет различной длины образующих петель трикотажа по центру и по краям в зоне оттяжки происходят различные силы оттяжки, тем самым снижается качество получаемого трикотажа.

2. Разработаны новые эффективные конструкции расправителей, позволяющие обеспечить выравнивание сил оттяжки петель трикотажа как по центру, так и по краям зоны оттяжки и способствующие получению трикотажа высокого качества.

3. Получены формулы для расчета силы оттяжки петель трикотажа по центру и по краям зоны оттяжки в круглооборотной трикотажной машине с учетом влияния начального натяжения петель и силы трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цитович И.Г. Технологическое обеспечение эффективности и качества процессов вязания поперечновязаного трикотажа. М.: Легпромбытиздат, 1992.

2. Статут Э.В., Шалов И.И. Влияние усилия оттяжки на неоднородность двуластичного полотна // Текстильная промышленность. 1978. № 6. С. 58...60.

3. Галанина О.Д., Прохоренко Э.Г. Технология трикотажного производства. М.: Легкая индустрия. 1975.

4. Шерман П.П. Исследование процесса оттяжки полотна без участия платин и его влияние на равномерность петельной структуры: дис. ... канд. техн. наук. Л., 1968.

5. Усмонкулов Ш.К., Мукимов М.М., Алланиязов Г.Ш., Джураев А.Д. Направитель для оттяжки трикотажного полотна на двухфонтурных кругловязальных машинах. Патент № FAP 01083. Бюл. № 4, 2016.

6. Масленников Ю.И. Функции ширителя полотна кругловязальной машины. Сообщение 1 // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1990. № 4. С. 84...90.

7. Масленников Ю.И. Функции ширителя полотна кругловязальной машины. Сообщение 2 // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1990. № 5. С. 105...109.

8. Хомяк О.Н., Пина Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. М.: Легпромбытиздат, 1990.

9. Труевцев А.В. и др. Размер ширителя кругловязальной машины как контролируемый технологический параметр // Текстильная промышленность. 1989. № 1. С. 46...48.

10. Ровинская Л.П. и др. Учет модуля петли хлопчатобумажного трикотажа при выборе оптимальных условий товароотвода // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1993. № 4. С. 74...78.

11. Труевцев А.В. и др. Внутренняя и внешняя структурная неровнота круглого трикотажного полотна // Текстильная промышленность. 1993. № 10. С. 32...35.

12. Труевцев А.В. и др. Пружинный ширитель для купонных кругловязальных машин // Текстильная промышленность. 1993. № 1. С. 40...41.

13. Труевцев А.В. О влиянии деформационных свойств полотна на размер ширителя ластичной кругловязальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1995. № 1. С. 73...75.

14. Алламуратова Т.К., Джураев Д.А., Мукимов М.М., Мансурова М.А. Направитель для оттяжки трикотажного полотна на двухфонтурных круглооборотных машинах. Патент № IAP 06732. Бюл. № 2, 2022.

15. Алламуратова Т.К. Разработка эффективной конструктивной схемы направителя в двухфонтурной круглооборотной машине // Дизайн инженеринг. 2021. № 9. 10833-10838 с.

16. Алламуратова Т.К., Мукимов М.М., Мансурова М.А. Разработка конструкции и обоснование параметров направителя для оттяжки полотна на двухфонтурных круглооборотных машинах // Проблемы механики. 2019. № 1. С. 16...19.

17. Алламуратова Т.К., Джураев Д.А., Мукимов М.М. Направитель для оттяжки трикотажного полотна на двухфонтурных круглооборотных машинах. Патент № IAP 06902. Бюл. № 5, 2022.

18. Алламуратова Т.К., Джураев Д.А., Мукимов М.М. Разработка эффективной конструктивной схемы и обоснование параметров при оттяжке трикотажного полотна на двухфонтурных круглооборотных машинах // IJARSET. Т. 5. № 10, 2018. – 7178-7185 с.

REFERENCES

1. Tsitovich I.G. Technological support for the efficiency and quality of knitting processes for cross-knitted knitwear. M.: Legprombytizdat, 1992.
2. Statute E.V., Shalov I.I. Influence of pulling force on the heterogeneity of a double-sided fabric // Textile industry. 1978. No. 6. P. 58 ... 60.
3. Galanina O.D., Prokhorenko E.G. Knitwear technology. M.: Light industry. 1975.
4. Sherman P.P. Study of the process of stretching the web without the participation of plates and its influence on the uniformity of the loop structure: Dis ... Candidate of Technical Sciences. 1968.
5. Usmonkulov Sh.K., Mukimov M.M., Allaniyazov G.Sh., Juraev A.D. Guide for stretching knitted fabric on double-loop circular knitting machines. Patent No. FAP 01083. Bull. No. 4, 2016.
6. Maslennikov Yu.I. Functions of the fabric spreader of a circular knitting machine. Message 1 // Izv. universities. Light industry technology. 1990. No. 4. S. 84 ... 90.
7. Maslennikov Yu.I. Functions of the fabric spreader of a circular knitting machine. Message 2 // Izv. universities. Light industry technology. 1990. No. 5. S. 105 ... 109.
8. Khomyak O.N., Pipa B.F. Improving the efficiency of knitting machines. M.: Legprombytizdat, 1990.
9. Truevtsev A.V. et al. The size of the spreader of a circular knitting machine as a controlled technological parameter // Textile industry. 1989. No. 1. S. 46 ... 48.
10. Rovinskaya L.P. Accounting for the modulus of the loop of cotton knitwear when choosing the optimal conditions for the goods outlet // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1993. No. 4. S. 74 ... 78.
11. Truevtsev A.V. and etc. Internal and external structural unevenness of a round knitted fabric // Textile industry. 1993. No. 10. S. 32 ... 35.
12. Truevtsev A.V. et al. Spring expander for coupon circular knitting machines // Textile industry. 1993. No. 1. P. 40 ... 41.
13. Truevtsev A.V. On the influence of the deformation properties of the fabric on the size of the expander of an elastic circular knitting machine // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1995. No. 1. P.73 ... 75.
14. Allamuratova T.K., Dzhuraev D.A., Mukimov M.M., Mansurova M.A. Guide for stretching knitted fabric on double-loop circular machines. Patent No. IAP 06732. Bull. No. 2, 2022.
15. Allamuratova T.K. Development of an effective design scheme for a guide in a two-loop rotary machine // Design engineering. 2021. No. 9. 10833-10838 p.
16. Allamuratova T.K., Mukimov M.M., Mansurova M.A. Development of the design and justification of the parameters of the guide for pulling the web on two-hole circular machines // Problems of mechanics. 2019. No. 1. P. 16...19.
17. Allamuratova T.K., Dzhuraev D.A., Mukimov M.M. Guide for stretching knitted fabric on two-loop circular machines. Patent No. IAP 06902. Bull. No. 5, 2022.
18. Allamuratova T.K., Dzhuraev D.A., Mukimov M.M. Development of an effective design scheme and substantiation of parameters for drawing a knitted fabric on two-hole circular machines // IJAR-SET. Vol.5, - No. 10, 2018. - 7178-7185 p.

Рекомендована кафедрой технологии промышленности Каракалпакского государственного университета им. Бердаха. Поступила 11.01.23.

**CALCULATION OF RADIAL AND TANGENTIAL VELOCITIES
OF THE RAW COTTON ROLLER
IN THE WORKING CHAMBER OF A SAW GIN**

**РАСЧЕТ РАДИАЛЬНОЙ И ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ
СЫРЦОВОГО ВАЛИКА В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ПИЛЬНОГО ДЖИНА**

D.M. MUKHAMMADIEV, I.O. ERGASHEV

Д.М. МУХАММАДИЕВ, И.О. ЭРГАШЕВ

(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

This article provides research material on the cotton seed movement inside the working chamber of a saw gin with a huller roll box and a seed removing system. The flow of raw cotton is considered as a continuous medium with a flow rate Q , fed from the plane of an inclined feeder at an angle α to the horizon. Raw cotton entering the working chamber is considered as a continuous medium between two coaxial cylinders $R1 \leq R2$, which are components of the raw cotton roller of the working chamber of a gin. The maximum values of kinematic viscosity (up to 0.39 m²/s) and dynamic viscosity (up to 20 kg/(ms)) were determined at cotton productivity of 7 t/h (up to 2 kg/s). Calculations determined that the speed in radial direction at 300° with an increase in the radius $R1$ from 56 to 69 mm decreases by 24%, and in tangential direction, it increases by 23.5%. It was established that the minimum (30°) and maximum (300°) values of the angular velocity along the circumference of the working chamber differ by 2.24 times. The main changes in the angular velocity occur in the vicinity of the saw (300°) and the cotton input zone (210°) of the working chamber. Near the inner cylinder, the tangential speed is less than the speed of rotation of points on the surface of the outer cylinder (except for points in the vicinity of the saw).

В данной статье приводятся материалы исследования движения семян внутри рабочей камеры пильного джина с шелушильной камерой и семяотводящей системой. Рассмотрен поток хлопка-сырца как сплошная среда, имеющая секундный расход, равный Q , поступающая из плоскости наклонного питателя под углом α к горизонту. Поступивший в рабочую камеру хлопок-сырец рассмотрен как сплошная среда между двумя коаксиальными (соосными) цилиндрами $R1 \leq R2$, являющимися составляющими сырцового валика рабочей камеры джина. Определены максимальные значения кинематической (до 0,39 м²/с) и динамической (до 20 кг/(мс)) вязкости при производительности хлопка 7 т/ч (до 2 кг/с). Расчетами определено, что скорость в радиальном направлении при 300° с увеличением радиуса $R1$ с 56 до 69 мм снижается на 24%, а в тангенциальном увеличивается на 23,5%. Установлено, что минимальные (30°) и максимальные (300°) значения угловой скорости по окружности рабочей камеры отличаются в 2,24 раза. Ос-

новные изменения угловой скорости происходят в окрестности пилы (300 °) и входной зоне хлопка (210 °) рабочей камеры. Около внутреннего цилиндра тангенциальная скорость меньше, чем скорость вращения точек поверхности наружного цилиндра (кроме точек в окрестности пилы).

Keywords: saw gin, cotton, cotton seed, working chamber, huller roll box, removing system, coaxial cylinder, angular velocity.

Ключевые слова: пильный джин, хлопок, семена хлопчатника, рабочая камера, очистительная секция, семяотводящая система, коаксиальный цилиндр, угловая скорость.

Introduction

The serial saw gin 5DP-130, being the basic machine, does not meet the requirements of a single-battery production line (7 t/h for cotton) in terms of productivity (passport standard is 2000⁻²⁰⁰ kg of fiber per hour), and there are two of them in the battery [1]. In addition, the second line of cleaning machines UXK, was installed at a typical cotton ginning plant, which makes it possible to increase the cotton production capacity to 14 t/h; these machines are used in the processing of poor varieties of cotton [2–4]. In this regard, for this technology, it is necessary to create a gin that exceeds the performance of a serial gin by 15-20%.

To clarify the directions of further research, an experimental working chamber with a huller roll box was created and installed in a laboratory 30-saw gin with an additional seed-removing device. According to this scheme, it is possible to use only cantilever ribs [5, 6]. Based on the above, the spacing of the saws in the saw cylinder is assumed 18 mm as in a typical saw cylinder [7].

A full-profile working chamber corresponding in profile to the working chamber of a gin with a huller roll box contains in its central part a driving tubular seed-removing device with holes over the entire surface of the pipe. The holes serve to pass the ginned seeds into the inner cavity of the pipe, from which these seeds are removed by the seed auger.

Determination of tangential and radial components of the velocity vector of the raw cotton roller will make it possible to study the kinematics of cotton and seeds inside the working chamber.

During the operation of the saw gin, cotton enters the working chamber from the feeder in a discrete state, and then is gradually ginned in several cycles due to the action of rotating saws. At that, the cotton coming from the feeder through the throwing drum and saw cylinder into the working chamber, forming a raw cotton roller constantly rotates between the stationary outer cylinder and rotating inner cylinder.

In the process of movement, the seeds are released from the bottom of the working chamber, passing between the saws and the comb, and the rest of the seeds move to the rotating perforated pipe, located in the middle part of the working chamber, pass through its grooves inside the pipe, where they are picked up by the rotating auger and then brought out through the seed removing pipe [5].

Materials and methods

Let us consider an approximate solution to this problem, taking the flow of raw cotton as a continuous medium with a flow rate Q , coming from the plane of an inclined feeder at an angle α to the horizon. The raw cotton that enters the working chamber between two coaxial cylinders $R_1 \leq r \leq R_2$, which are components of the raw cotton roller of the working chamber of a gin, under the influence of rotation of axial cylinder of radius R_1 moves with angular velocity ω_1 to the saw cylinder (Fig. 1).

In the zone of seeds interaction with the saw cylinder, the fibers are gripped and removed from the cotton through the inter-rib slots out into the air chamber, and some of the seeds continue to move inside the working chamber. After several removals of the fibers, part of seeds, under their own weight, rolls

down between the saws to the comb, and the other part, located in the zone of perforated pipe, under pressure enters the beveled grooves of the pipe, and then is carried outside by the auger.

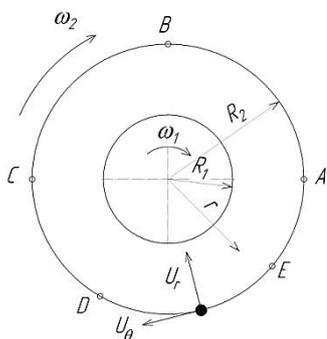


Fig. 1

We solve the problem of the seed movement in working chamber by modeling (Fig. 2) a continuous medium as a viscous liquid with a conditional dynamic viscosity μ_c . To do this, we solve the problem of the flow of a continuous, linearly viscous medium with kinematic viscosity

$$v_c = \mu_c / \rho_c \text{ from height } H = L \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

where L is the length of the inclined plane of the feeder tilted at an angle α to the horizon (Fig. 2).

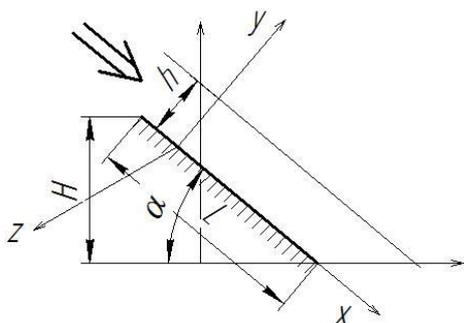


Fig. 2

The equation of motion in a one-dimensional formulation can be written in the following form

$$\mu_c \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \rho_c \cdot g \cdot \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

Integrating over y , we obtain the distribution of velocity and pressure in the considered layer of continuous medium above the plane of the feeder:

$$V = -\frac{\rho_c \cdot g \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \mu_c} \cdot y(h-y), \quad (3)$$

$$P = P_0 + \rho_c \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot (h-y), \quad (4)$$

where $P_0 = 101325$ Pa is the atmospheric pressure; ρ_c is the density of continuous medium.

Integrating expression (3) over y from 0 to h , we find the flow rate of the medium (raw cotton) flowing from the feeder into the working chamber:

$$Q = \rho_c \cdot g \cdot h^3 \cdot L \frac{\sin \alpha}{12 \cdot \mu_c}, \left[\frac{m^3}{s} \right] \text{ or}$$

$$Q = \rho_c^2 \cdot g \cdot h^3 \cdot L \frac{\sin \alpha}{12 \cdot \mu_c}, \left[\frac{kg}{s} \right] \quad (5)$$

The average speed of the particles of a continuous medium and its thickness can be obtained from the following equations

$$V_{OH} = Q / (h \cdot L) \quad (6)$$

$$\text{or } h = Q / (V_{OH} \cdot L). \quad (7)$$

Now let us write the equation of motion of cotton in the working chamber based on their inflow from the feeder and the rotation of the inner cylinder. We assume that the flow line of particles of a continuous medium is in the plane of the cross section of the working chamber. Then the velocity vector of a particle of continuous medium has velocity components in the radial U_r and tangential U_θ directions (Fig. 1), and the axial velocity is zero $U_z = 0$, i.e. $\vec{V} = U_r \cdot \vec{e}_r + U_\theta \cdot \vec{e}_\theta$. We write the equation of motion of cotton in a vector form [8]

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + 2[\vec{\omega} \times \vec{V}] = -\text{grad} \left[\frac{V^2}{2} + \Pi + P(\rho_c) \right] - 2 \cdot v_c \cdot \text{rot} \vec{\omega} \quad (8)$$

and the continuity equation

$$\frac{\partial \rho_c}{\partial t} + \text{div}(\rho_c \cdot \vec{V}) = 0, \quad (9)$$

where $\vec{\omega} = \frac{1}{2} \text{rot} \vec{V}$ is the angular velocity of the particles of the medium; \vec{V} is the velocity vector of the particles of the medium; ρ_c is the

density of the medium; Π is the potential energy of external forces.

Here, under the above conditions, angular velocity $\vec{\omega}$ is directed along the axis of symmetry of the working chamber $\vec{\omega} = \omega \cdot \vec{k}$, where \vec{k} is the unit vector of the axis of working chamber, $\omega = V/r$.

From equality (7), we find the conditional kinematic and dynamic viscosity in the following form

$$v_c = \frac{g \cdot Q^2}{12 \cdot V_{OH}^3 \cdot L^2} \cdot \sin \alpha, \left[\frac{m^2}{s} \right] \text{ and}$$

$$\mu_c = v_c \cdot \rho_c, \left[\frac{kg}{m \cdot s} \right] \quad (10)$$

With the maximum productivity values of the saw gin for cotton: 7 t/h (1.94 kg/s), $g=9,806 \text{ m/s}^2$, $L=2,358 \text{ m}$, $\rho_c=50 \text{ kg/m}^3$, $V_{OH}=1 \text{ m/s}$, $\sin \alpha=0,707$, it is possible to construct changes in kinematic and dynamic viscosity depending on the operating efficiency (Fig. 3) [9].

Analysis of Fig. 3 shows an increase in kinematic (up to $0.39 \text{ m}^2/\text{s}$) and dynamic (up to $20 \text{ kg}/(\text{ms})$) viscosity of cotton in the feeder tray with an increase in cotton productivity from 0 to 2 kg/s.

Equations (8) and (9) in the projections of a cylindrical system are written in the following form

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U_r}{\partial t} + U_r \frac{\partial U_r}{\partial r} + \frac{U_\theta}{r} \frac{\partial U_\theta}{\partial \theta} &= -\frac{\partial P}{\partial r} + v_c \left[\nabla^2 U_r - \frac{U_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial U_\theta}{\partial \theta} \right], \\ \frac{\partial U_\theta}{\partial t} + U_r \frac{\partial U_\theta}{\partial r} + \frac{U_\theta}{r} \frac{\partial U_\theta}{\partial \theta} &= -\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + v_c \left[\nabla^2 U_\theta - \frac{U_\theta}{r^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial U_r}{\partial \theta} \right], \\ \frac{\partial \rho_c}{\partial t} + \frac{\partial (r \cdot \rho_c \cdot U_r)}{\partial r} + \frac{\partial \rho_c \cdot U_\theta}{\partial \theta} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

here r and θ are the cylindrical coordinates; U_r , U_θ are the components of the velocity vector in the radial and tangential directions; $P(\rho_c) = \int dP/\rho_c$ is the pressure function; $\nabla^2 U = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot \frac{\partial U}{\partial r}) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial \theta^2}$ is the Laplacian [10].

We assume that the continuous medium of the raw cotton roller is homogeneous, i.e. the density of the medium is constant $\rho_c = \text{const}$. Then the pressure function is defined by equality $P(\rho_c) = P/\rho_c$.



Fig. 3

The continuity equation is reduced to the following equation

$$\frac{\partial (r U_r)}{\partial r} + \frac{\partial U_\theta}{\partial \theta} = 0. \quad (12)$$

Let the movement of particles of the medium in the working chamber be stationary, since the amount of raw cotton coming from the feeder in a discrete flow into the working chamber is uniform in time, the perforated pipe rotates with angular velocity ω_1 , and the saw rotates with a speed of 730 rpm. Then the equations of motion (8) at $\omega_1 = \text{const}$ is written in a vector form as

$$2[\vec{\omega} \times \vec{V}] = -\text{grad} \left[\frac{V^2}{2} + \Pi + \frac{P}{\rho} \right] - v_c \cdot \text{rot}(\text{rot} \vec{V}), \quad (13)$$

$$\frac{\partial (r \cdot U_r)}{dr} + \frac{dU_\theta}{d\theta} = 0, \text{ div} \vec{V} = 0. \quad (14)$$

The angular velocity of the raw cotton roller is determined by the following equation

$$\omega = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_\theta}{\partial r} - \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial U_r}{\partial \theta} \right). \quad (15)$$

The solution to the system of equations (11) is sought by the method of separation of variables

$$\left. \begin{aligned} U_r &= F_1(r) \cdot \Phi_1(\theta) \\ U_\theta &= F_2(r) \cdot \Phi_2(\theta) \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

Thus, the following equations are obtained for the sought-for functions $F_k(r)$ and $\Phi_k(\theta)$:

$$F_k(r) = A_1^{(k)} \cdot r + B_1^{(k)} \cdot \frac{1}{r}; \quad \Phi(\theta) = \sum_{n=1}^N [a_0 + a_n \theta^n] \quad (17)$$

To determine coefficients A_k, B_k (at points A, B, C, D, and E - Fig. 1), we have the following boundary conditions:

$$\begin{aligned} U_\theta(R_2, \theta) &= \Phi(\theta); U_\theta(R_1, \theta) = \omega_1 \cdot R_1; \\ U_r(R_1, \theta) &= -U_{HC}; \\ U_r(R_2, \theta) &= -V_{H0} \cdot \cos \alpha \text{ for } \theta \in \left[\frac{4 \cdot \pi}{9}; \frac{5 \cdot \pi}{9} \right]; \\ U_r(R_2, \theta) &= 0 \text{ for } \theta \in \left[\frac{4 \cdot \pi}{9}; \frac{5 \cdot \pi}{9} \right], \end{aligned}$$

where U_{HC} is the velocity of particles flowing through the slots of the inner cylinder, R_1 is the radius of the pipe.

First, we find function $\Phi(\theta)$ from the boundary conditions at the swirl rate U_θ for $r=R_2, U_\theta(R_2, \theta)=U_{\theta 0} \cdot \Phi(\theta)$ where

$$U_{\theta 0} = U_\theta(R_2, \pi/2) \quad (18)$$

To determine coefficients A_k, B_k at points A, B, C, D, and E, we use the distribution of the tangential velocity of a particle of the medium along the inner surface of the outer cylinder. Here R_2 is the radius of the working chamber, obtained experimentally [7]:

$$\begin{aligned} \text{At point A - } U_\theta(R_2, 0^\circ) &= 0.926 \text{ m/s,} \\ \omega(R_2, 0) &= 5.51 \text{ s}^{-1}; \\ \text{At point B - } U_\theta(R_2, 90^\circ) &= 0.944 \text{ m/s,} \\ \omega(R_2, 90^\circ) &= 4.19 \text{ s}^{-1}; \\ \text{At point C - } U_\theta(R_2, 180^\circ) &= 1.0 \text{ m/s,} \\ \omega(R_2, 180^\circ) &= 4.34 \text{ s}^{-1}; \\ \text{At point D - } U_\theta(R_2, 240^\circ) &= 1.481 \text{ m/s,} \\ \omega(R_2, 240^\circ) &= 6.61 \text{ s}^{-1}; \\ \text{At point E - } U_\theta(R_2, 320^\circ) &= 2.037 \text{ m/s,} \\ \omega(R_2, 320^\circ) &= 15.67 \text{ s}^{-1}. \end{aligned} \quad (19)$$

From the values given in (19), we find the unknown parameters of formula (17) at points A, B, C, D and E (Fig. 1), so that the sought-for function is determined by the following equality:

$$\begin{aligned} \Phi(\theta) &= -0,006 \cdot \theta^5 + 0,0717 \cdot \theta^4 - 0,2747 \cdot \theta^3 + \\ &+ 0,4119 \cdot \theta^2 - 0,1988 \cdot \theta + 0,9259 \end{aligned} \quad (20)$$

Now we define the sought-for functions $U_r(r, \theta)$ and $U_\theta(r, \theta)$ and angular velocity $\omega(r, \theta)$:

$$\begin{aligned} F_1(\bar{r}) &= \frac{1}{1-\bar{R}_1^2} \cdot \left[U_{H0} \cdot \left(\frac{\bar{R}_1^2}{\bar{r}} - \bar{r} \right) - U_{HC} \cdot \left(\frac{\bar{R}_1}{\bar{r}} - \bar{R}_1 \cdot \bar{r} \right) \right] \\ F_2(\bar{r}) &= \frac{1}{1-\bar{R}_1^2} \cdot \left[U_{\theta 0} \cdot \left(\bar{r} - \frac{\bar{R}_1^2}{\bar{r}} \right) + \omega_1 \cdot R_1 \cdot \left(\frac{\bar{R}_1}{\bar{r}} - \bar{R}_1 \cdot \bar{r} \right) \right] \end{aligned} \quad (21)$$

where $\bar{R}_1 = R_1 / R_2$; $\bar{r} = r / R_2$. We obtain the solution to the problem in the form

$$\left. \begin{aligned} U_r(\bar{r}, \theta) &= F_1(\bar{r}) \cdot \Phi(\theta), \quad U_\theta(\bar{r}, \theta) = F_2(\bar{r}) \cdot \Phi(\theta) \\ \omega(\bar{r}, \theta) &= \frac{1}{2} \cdot \left[F_2(\bar{r}) \cdot \Phi(\theta) - \frac{1}{\bar{r}} \Phi(\theta) \cdot F_1(\bar{r}) \right] \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Equations (21 and 22) were calculated for this experimental setup with the following values: $R_2=200$ mm, $n_2=90$ rpm, $\omega_2=90 \cdot \pi/30=9,425$ s⁻¹. If we assume that $V_{HC}=0,3 \cdot V_{\theta 0}$, $V_{ro}=V_{OH} \cdot \sin \alpha$, $\alpha=45^\circ, U_{\theta 0}=V_{OH} \cdot \cos \alpha$, $U_{\theta 0}=1$ m/s, $V_{HC}=0,3$ m/s, then we obtain the following values of the sought-for functions $F_1(\bar{r})$ and $F_2(\bar{r})$ for different radii of the seed-removing device R_1 (table 1).

Results and discussion

Table 2 shows the indices of the change in tangential velocity (18) along the inner surface, obtained from experimental data; Fig. 4 shows the distribution of radial velocity $U_r(\bar{r}, \theta)$ (22), and Fig. 6 shows the distribution of tangential velocity $U_\theta(\bar{r}, \theta)$ (22) of the particles of the medium in the working chamber of the setup.

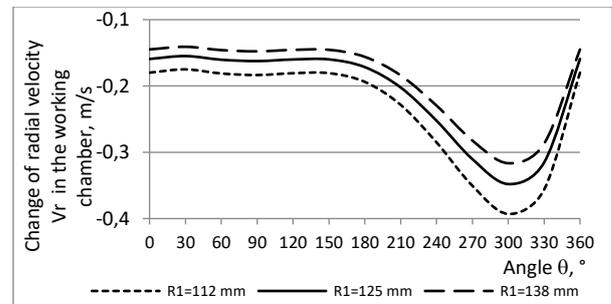


Fig. 4

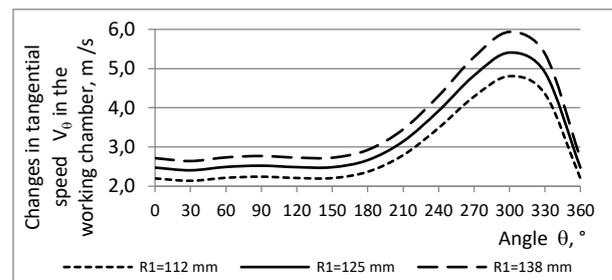


Fig. 5

Changes in angular velocity of the raw cotton roller in the working chamber are

shown in Fig. 6.

Table 1

The frequency of rotation of the seed-removing pipe, rpm	R ₁ =56 mm	R ₁ =62.5 mm	R ₁ =69 mm
		$F_1(\hat{r})=0.061260053/\hat{r} - 1.47526005 \cdot \hat{r}$, $F_2(\hat{r})=$	$F_1(\hat{r})=0.093460865/\hat{r} - 1.50746087 \cdot \hat{r}$, $F_2(\hat{r})=$
0	$-0.12170185/\hat{r} + 1.121550837 \cdot \hat{r}$	$-0.15626547/\hat{r} + 1.156114459 \cdot \hat{r}$	$-0.19380328/\hat{r} + 1.193652271 \cdot \hat{r}$
100	$0.094988867/\hat{r} + 0.904860122 \cdot \hat{r}$	$0.121965937/\hat{r} + 0.877883052 \cdot \hat{r}$	$0.151264376/\hat{r} + 0.848584613 \cdot \hat{r}$
150	$0.203334224/\hat{r} + 0.796514765 \cdot \hat{r}$	$0.26108164/\hat{r} + 0.738767348 \cdot \hat{r}$	$0.323798205/\hat{r} + 0.676050784 \cdot \hat{r}$
200	$0.311679582/\hat{r} + 0.688169407 \cdot \hat{r}$	$0.400197344/\hat{r} + 0.599651645 \cdot \hat{r}$	$0.496332034/\hat{r} + 0.503516955 \cdot \hat{r}$
250	$0.420024939/\hat{r} + 0.579824049 \cdot \hat{r}$	$0.539313048/\hat{r} + 0.460535941 \cdot \hat{r}$	$0.668865863/\hat{r} + 0.330983125 \cdot \hat{r}$
300	$0.528370297/\hat{r} + 0.471478692 \cdot \hat{r}$	$0.678428751/\hat{r} + 0.321420237 \cdot \hat{r}$	$0.841399692/\hat{r} + 0.158449296 \cdot \hat{r}$
350	$0.636715654/\hat{r} + 0.363133334 \cdot \hat{r}$	$0.817544455/\hat{r} + 0.182304534 \cdot \hat{r}$	$1.013933522/\hat{r} - 0.01408453 \cdot \hat{r}$
400	$0.745061012/\hat{r} + 0.254787977 \cdot \hat{r}$	$0.956660159/\hat{r} + 0.04318883 \cdot \hat{r}$	$1.186467351/\hat{r} + 0.18661836 \cdot \hat{r}$

Table 2

Points	$\theta, ^\circ$	Experimental values for R ₁ =0 m	Calculated values for R ₁ =0 m	Difference, %	Calculated values for R ₁ , m		
					0.056	0.625	0.069
A	0	0.926	0.9259	0.01	2.1996	2.4750	2.7166
B	90	0.944	0.9444	-0.04	2.2436	2.5245	2.7710
C	180	1	0.9973	0.27	2.3693	2.6660	2.9262
D	240	1.481	1.4671	0.94	3.4854	3.9218	4.3047
E	320	2.037	1.9657	3.50	4.6698	5.2545	5.7675
	0	0.926	0.9259	0.01	2.1996	2.4750	2.7167

Cotton gets to the saw through the throwing drum, located at the maximum distance from the center of rotation of the raw cotton roller, under the action of the rotational movement of the raw cotton roller and the resulting centrifugal force.

Comparison of the values (Table 2) of tangential velocity $U_\theta(R_2, \theta)$ along the inner surface, obtained on the basis of experimental studies and as a result of modeling according to equation (20), showed a difference of up to 3.5%, which confirms the reliability of the results up to 96.5%.

Changes in angular velocity of the raw cotton roller in the working chamber are shown in Fig. 6.

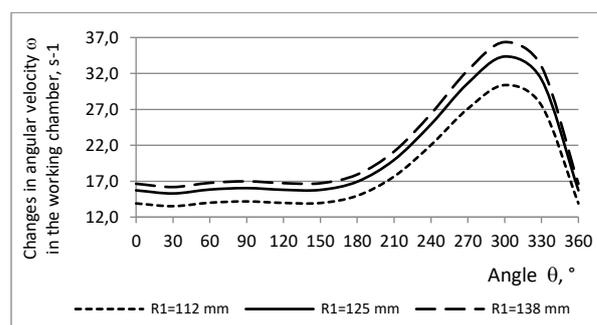


Fig. 6

Cotton gets to the saw through the throwing drum, located at the maximum distance from the center of rotation of the raw cotton roller, under the action of the rotational movement of the raw cotton roller and the resulting centrifugal force.

Therefore, it is necessary to select the parameters in such a way that the husked seeds are removed from the inside of the working chamber through the combs and seed-removing pipe using an auger.

The calculation results show that the speed in radial direction at 300° with an increase in the radius R_1 from 56 to 69 mm decreases by 24%, and in tangential direction, it increases by 23.5%.

It was stated that the minimum (30°) and maximum (300°) values of angular velocity along the circumference of the working chamber differ by 2.24 times. The main changes in angular velocity occur in the vicinity of the saw (300°) and the cotton input zone (210°) of the working chamber (Fig. 6). Near the inner cylinder, the tangential speed is less than the speed of rotation of points on the surface of the outer cylinder (except for points in the vicinity of the saw, see Fig. 5).

CONCLUSIONS

Mathematical modeling of the movement of cotton and seeds inside the working chamber of the saw gin made it possible to determine the radial, tangential and angular speeds of the raw cotton roller along the surface of the seed-removing pipe and the working chamber.

The pattern of change of kinematic viscosity (up to $0.39 \text{ m}^2/\text{s}$) and dynamic viscosity (up to $20 \text{ kg}/(\text{ms})$) of cotton in the feeder tray depending on the productivity of cotton (up to 2 kg/s) was determined.

The reliability of the calculated values of tangential velocity $U_\theta(R_2, \theta)$ along the inner surface relative to the experimental values is 96.5%.

Calculations determined that the speed in radial direction at 300° with an increase in the radius R_1 from 56 to 69 mm decreased by 24%, and in tangential direction increased by 23.5%. At that, the minimum (30°) and maximum (300°) values of angular velocity along the circumference of the working chamber differ by 2.24 times.

1. Паспорт джина пильного марки 5ДП-130. Ташкент: Пахтажин, 2017. 22 с.
2. Технологический регламент ПДИ 70-2017. АО «Пахтасаноат илмий маркази». Ташкент, 2017.
3. Murodov O.J., Tashpulatov D.S., Juraev A., Gafurov J.K., Vassiliadis S. Design development and parameters calculation methods of plastic diamond pattern bars on resilient supports in ginning machines // 2018, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 459 012068.
4. Ziyamukhamedova U., Rakhmatov E., Nafasov J. Optimization of the composition and properties of heterocomposite materials for coatings obtained by the activation-heliotechnological method 2021, J. of Physics Conf. Ser. 1889 022056.
5. Мухаммадиев Д.М. Рабочая камера пильного джина. Патент РУз № IAP 04761 // Официальный бюллетень Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. 2013, №10(150). С. 57...58.
6. Мухаммадиев Д.М., Ахмедов Х.А., Ибрагимов Ф.Х. Исследования новой конструкции стального колосника пильного джина // Проблемы механики. 2013. № 3-4. С. 131...135.
7. Мухаммадиев Д.М., Кулиев Т.М., Примов Б.Х. Экспериментальное исследование кинематики сырцового валика пильного джина с шелушильной камерой // Проблемы текстиля. 2019. №1. С.18...25.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973. 848 с.
9. Мухаммадиев Д.М. Динамика машинных агрегатов пильного джина с семяотводящим устройством и конденсора с пульсирующим потоком: дис. ... д-ра техн. наук. Ташкент, 2014. С. 211.
10. Хмельник С.И. Уравнения Навье-Стокса. Существование и метод поиска глобального решения. Израиль: МиС, 2010. С. 106.

REFERENCES

1. Passport of saw gin of 5DP-130 brand (approved by the Order of Paxtagin, 2017) 22 p.
2. Tekhnologicheskij reglament PDI 70-2017. AO «Pakhtasanoat ilmiy markazi». Tashkent, 2017.
3. Murodov O.J., Tashpulatov D.S., Juraev A., Gafurov J.K., Vassiliadis S. Design development and parameters calculation methods of plastic diamond pattern bars on resilient supports in ginning machines // 2018, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 459 012068.
4. Ziyamukhamedova U., Rakhmatov E., Nafasov J. Optimization of the composition and properties of heterocomposite materials for coatings obtained by the activation-heliotechnological method 2021, J. of Physics Conf. Ser. 1889 022056.
5. Mukhammadiev D.M. Rabochaya kamera pil'nogo dzhina. Patent RUz № IAP 04761 // Ofitsial'nyy byulleten' Agentstva po intellektual'noy sobstvennosti Respubliki Uzbekistan. 2013, №10(150). С. 57...58.

6. Mukhammadiev D.M., Akhmedov Kh.A., Ibragimov F.Kh. Research of a new design of a steel grate of a saw gin // Problems of Mechanics. 2013. №3-4. P. 131...135.

7. Mukhammadiev D.M., Kuliev T.M., Primov B.Kh. Experimental study of the kinematics of the saw gin roll box with huller roll box // Problems of textiles. 2019. №1. P. 18...25.

8. Loitsyansky L.G. Mechanics of liquid and gas. Moscow: Nauka, 1973. 848 p.

9. Mukhammadiev D.M. Dynamics of machine units of saw gin with seed retractor device and conden-

ser with pulse air stream: Dis...doctor of Technical Sciences. Tashkent, 2014. P. 211.

10. Khmelnik S.I. Navier-Stokes equations, existence and method for finding a global solution. Israel: MiC, 2010. 106 p.

Рекомендована Научным семинаром «Теория механизмов и машин» Института механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан. Поступила 11.01.23.

УДК 624.073.1

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_199

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ РЕБРИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ
С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА
ТЕХНОЛОГИЙ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**CALCULATION METHOD OF RIBBED PANELS STABILITY
CONSIDERING THE TEMPERATURE AND HUMIDITY CONDITIONS OF TEXTILE
PRODUCTION TECHNOLOGIES**

Б.В. ЛАБУДИН¹, Е.В. ПОПОВ¹, Д.В. ГЕТМАН¹, Д.А. СТОЛЫПИН², В.Е. РУМЯНЦЕВА^{3,4}

B.V. LABUDIN¹, E.V. POPOV¹, D.V. GETMAN¹, D.A. STOLYPIN², V.E. RUMYANTSEVA^{3,4}

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
²ООО "Архитектура и Дизайн",

³Ивановский государственный политехнический университет,

⁴Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий)

(¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,

²Ltd "Architecture and Design",

³Ivanovo State Polytechnic University,

⁴Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense,
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters)

E-mail: getman.d@edu.narfu.ru

Рассматриваются трехслойные деревокомпозитные ребристые стеновые панели на механических податливых связях сдвига, которые рекомендуются к применению в объектах гражданского и промышленного строительства, в том числе в текстильной промышленности. Они отличаются от железобетонных панелей легкостью, полной заводской готовностью, высокой скоростью монтажа, высокими теплотехническими показателями, экологической безопасностью, химической стойкостью в агрессивных средах, безотказной эксплуатацией в зданиях высотой до 80 м. Характерной особенностью рассматриваемых конструкций является возможность существенного повышения общей устойчивости панели за счет включения в работу обшивок и рационального шага связей сдвига. На основании теории расчета составных элементов А.Р. Ржаницына представлены физико-математическая модель и алгоритм расчета, позволяющие производить оценку устойчивости таких конструкций, как композитного составного сечения, принимая во внимание взаимные сдвиги на границе ребер и обшивок. При меняющемся температурно-влажностном режиме эксплуатации

стенowych ограждающих конструкций из древокомпозитных ребристых панелей рекомендуется учитывать только изменение влажности материала обшивок и ребер, а при расчете на устойчивость – изменчивость коэффициента продольного изгиба. Рассмотрен расчет деревянной составной панели с двухсторонней обшивкой, приведено сравнение результатов, полученных при варьировании различных статико-геометрических параметров конструкции. Установлено, что включение обшивок в работу ребер позволяет увеличить значения критической силы в 1,3...3 раза.

The article discusses three-layer wood composite wall panels on mechanical pliable shear bonds recommended for use in textile industry facilities. They differ from reinforced concrete panels in lightness, complete factory readiness, high installation speed, high thermal performance, environmental safety, chemical resistance in aggressive environments, safety operation in buildings up to 80 m high. A characteristic feature of these structures is the possibility of a significant increase in the overall stability of the panel due to the sheathing inclusion. Based on A.R. Rzhantsyn theory of composite rods calculation a mathematical model and calculation algorithm are presented to make it possible to assess the stability of such structures as a composite split section, considering shifts in the seams at the "rib-plating" boundary. Temperature and humidity changing conditions of operation of wall enclosing structures made of wood-composite ribbed panels suggests to consider only the change in the moisture content of the material of the covers and ribs, and variability of the buckling coefficient for critical force calculating. The calculation of a wood composite split panel with double-sided sheathing is considered, a comparison of the results obtained by varying several static-geometric parameters of the structure is given. It has been established that if the sheathing is included in the work of the frame and ribs, it allows to increase the values of the critical force by 1,3 ... 3 times.

Ключевые слова: древокомпозитные ребристые панели, средовые условия, податливые связи сдвига, составные стержни, критическая сила, устойчивость, нелинейность, жесткость, податливость, безопасная эксплуатация.

Keywords: timber-composite ribbed panels, environmental conditions, semi-rigid shear ties, composite rods, critical force, buckling, non-linearity, rigidity, ductility, safety operation.

Введение

Расширение базы новых материалов и конструкций на основе древесины обусловило не только техническую возможность, но и экономическую целесообразность применения в зданиях и сооружениях различного назначения панелей на деревянном каркасе стен и объемных модулей [1...4]. Наиболее полно преимущества таких панелей (рис. 1) проявляются при совмещении ими несущих и ограждающих функций. Они могут применяться как в новом строительстве, так и при рекон-

струкции, в том числе на объектах текстильного производства в условиях ненормативного температурно-влажностного режима.

Здесь основные продольные ребра выполняют роль стоек, а обшивки с утеплителем выполняют роль ограждений для создания теплового контура зданий и сооружений. Несомненным достоинством этих панелей на основе древесины является экологическая безопасность, легкость, стойкость в химически агрессивных средах. За счет рационального шага связей

сдвига, кроме этого, достигается повышение надежности плитно-ребристых конструкций стеновых панелей и их безопасная эксплуатация в различных средовых условиях, в том числе в зданиях высотой до 80 м [4], [5].

Повысить несущую способность деревокомпозитных панелей возможно за счет эффективного вовлечения в их работу обшивок, для чего традиционно применяется жесткое клеевое соединение на границе "ребро-обшивка" [6]. В то же время применение клеевых соединений ощутимо усложняет технологический процесс производства стеновых панелей, что противоречит основной идее применения таких конструкций – простоте и низкой себестоимости производства. Ряд проведенных экспериментально-теоретических исследований [7, 8] показал целесообразность учета обшивки при креплении ее к деревянным элементам с использованием податливых механических связей. В качестве механических связей используются гвозди, винты, скобы или комбинированные соединения на основе когтевых шайб [5], [9].

Как отмечается в [10], неучет повышения влажности для ограждающих конструкций из ЦСП приводит к увеличению характеристики ползучести в 1,5...3 раза. Следовательно, основными мероприятиями для защиты как наружных стеновых панелей, так и внутренних является устройство навесных влагостойких вентилируемых фасадов и влагозащитная обработка ребер и листовых материалов (обшивок), применение оцинкованных связей. Количественные значения предельных характеристик ползучести для различных видов соединений и расчетные формулы приведены в [11]. Они позволяют воспользоваться расчетом на длительную прочность и устойчивость деревокомпозитных и деревянных конструкций с использованием различных видов соединений. Для других видов соединений деформативность (податливость) их должна определяться по методике [12]. Для учета меняющейся во времени влажности материала деревянных ребер и листовых обшивок, а следовательно, и податливости соединений на границе "ребро-

обшивка" предлагается использовать наименьший из коэффициентов: φ_0 – формула (9), $\varphi_0(\omega)$ – формула (11).

Несмотря на множество уже имеющихся исследований, касающихся изучения напряженно-деформированного состояния композитных элементов деревянных конструкций [8], [13...15], в представленных работах рассматриваются преимущественно вопросы прочности и деформативности изгибаемых элементов, а вопрос влияния податливости связей на устойчивость сжатых стоек требует проведения дополнительных исследований.

Целью настоящей работы является разработка адекватной физико-математической модели и расчетного алгоритма для стеновых панелей на деревянном каркасе с применением дискретных механических коннекторов с переменными статико-геометрическими параметрами для проверки устойчивости системы "ребро-обшивка", направленной на повышение эксплуатационной надежности и безопасности.

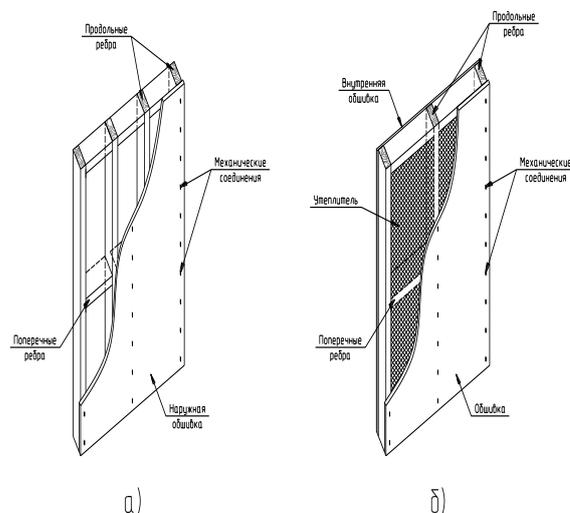


Рис. 1

Методика

Физико-математическая модель деревокомпозитной панели на деревянном каркасе и расчетный алгоритм реализуются на основе классических положений теории составных стержней [16].

В практических расчетах сечения деревокомпозитных панелей с деревянными стойками и обшивками из материалов на основе древесины могут рассматриваться

как приведенные тавровые или двутавровые, в которых обшивки включаются в работу совместно со стойками и выполняют роль полок. Нормальные напряжения имеют неравномерный характер распределения по ширине поперечного сечения, в связи с чем возникает необходимость замены фактического сечения панели расчетным (рис. 2) с редуцированной шириной обшивки [17].

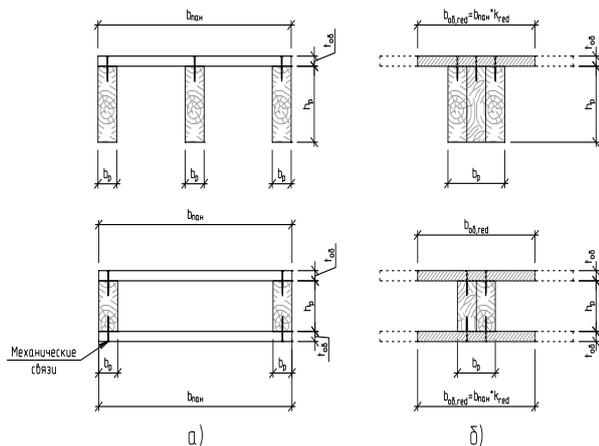


Рис. 2

Для определения величины силы $N_{кр}$, соответствующей потере устойчивости, в случае стеновой панели с двухсторонней обшивкой рассматривается 3-слойный составной стержень, наружными слоями которого являются обшивки, а внутренним слоем – деревянные стойки. Система дифференциальных уравнений составного сжатого стержня с учетом продольного изгиба имеет вид [17]:

$$\begin{cases} T_1'' / \xi_1 = \Delta_{11} T_1 + \Delta_{12} T_2 + \Delta_{1y} y + \Delta_{10} \\ T_2'' / \xi_2 = \Delta_{21} T_1 + \Delta_{22} T_2 + \Delta_{2y} y + \Delta_{20} \\ \Sigma N^0 y'' = \Delta_{y1} T_1 + \Delta_{y2} T_2 + \Delta_{yy} y_2 + \Delta_{y0} \end{cases}, \quad (1)$$

где $y=y(z)$ – кривая элемента при продольном изгибе; $T_1=T_1(z)$, $T_2=T_2(z)$ – функции распределения сдвигающих усилий в швах; Δ_{11} , Δ_{12} , Δ_{1y} , Δ_{2y} , Δ_{yy} – коэффициенты при искомым функциях; Δ_{10} , Δ_{20} , Δ_{y0} – свободные члены; ΣN – суммарная продольная сила, приложенная к деревянным стойкам панели.

$$\Delta_{11} = \Delta_{22} = \frac{1}{E_1 I_2} + \frac{1}{E_2 I_2} + \frac{c_1^2}{\Sigma E I}; \quad \Delta_{12} = \Delta_{21} = -\frac{1}{E_2 I_2} + \frac{c_1 c_2}{\Sigma E I}; \quad \Delta_{10} = \frac{\Sigma N}{E_2 F_2}; \quad \Delta_{20} = \frac{-\Sigma N}{E_2 F_2}, \quad (2)$$

$$\Delta_{y1} = \Delta_{1y} = \frac{\Sigma N}{\Sigma E I} c_1; \quad \Delta_{y2} = \Delta_{2y} = \frac{\Sigma N}{\Sigma E I} c_2; \quad \Delta_{yy} = \frac{(\Sigma N)^2}{\Sigma E I}; \quad \Delta_{y0} = -\frac{\Sigma N}{\Sigma E I} M^0, \quad (3)$$

где E_1 , E_2 , F_1 , F_2 – модуль Юнга и площадь сечения обшивок и стойки соответственно; I_1 , I_2 – моменты инерции; $\Sigma E I$ – суммарная изгибная жесткость обеих обшивок и стоек без учета работы коннекторов (при $\xi_i=0$); c_1 , c_2 – расстояния от центров тяжести наружной/внутренней обшивок до центра тяжести сечения стойки; $M_0=M_0(z)$ – функция изгибающего момента; ΣN – продольная сжимающая сила, приложенная к стойкам.

Для случая центрального сжатия $M_0=0$, следовательно, грузовые члены $\Delta_{i0}=\Delta_{y0}=0$, система уравнений – однородная. Тривиальным решением системы будут $T_1=T_2=0$, $y=0$. Но при определенных суммарных значениях продольной сжимающей силы ΣN такая система уравнений будет иметь решения, не равные нулю, которые определяют различные формы бифуркации элемента, то есть могут являться критической силой. В рассматриваемом случае граничными условиями являются: $x=0 \rightarrow T_1=T_2=0 \rightarrow y=0$; $x=l \rightarrow T_1=T_2=0$, $y=0$, следовательно, неизвестные функции $y(z)$, $T_1(z)$ и $T_2(z)$ могут быть представлены однопараметрическими кривыми:

$$\begin{aligned} T_1(z) &= \alpha_1 \cdot \sin \chi z; \\ T_2(z) &= \alpha_2 \cdot \sin \chi z; \\ y(z) &= \alpha_y \cdot \sin \chi z, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\chi=n\pi/l$, n – целое неотрицательное число, определяющее форму изгиба панели при выпучивании из плоскости; α_1 , α_2 , α_y – неизвестные числовые коэффициенты, задающие амплитудные значения кривых выпучивания.

$$\begin{cases} \left(\Delta_{11} + \frac{\chi^2}{\xi_1} \right) \alpha_1 + \Delta_{12} \alpha_2 + \frac{\Sigma N}{\Sigma EI} c_1 \alpha_y = 0; \\ \Delta_{21} \alpha_1 + \left(\Delta_{22} + \frac{\chi^2}{\xi_2} \right) \alpha_2 + \frac{\Sigma N}{\Sigma EI} c_2 \alpha_y = 0; \\ \frac{\Sigma N}{\Sigma EI} c_1 \alpha_1 + \frac{\Sigma N}{\Sigma EI} c_2 \alpha_2 + \left[\frac{(\Sigma N)^2}{\Sigma EI} + \Sigma N \chi^2 \right] \alpha_y = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Нетривиальные решения системы уравнений (1), в которых искомыми являются коэффициенты $\alpha_1 \neq 0$, $\alpha_2 \neq 0$, можно получить, приравняв нулю детерминант, составленный из коэффициентов при неизвестных.

$$N_{кр} = - \frac{\chi^2 \Sigma EI^2 \left(\chi^4 + \chi^2 \xi_1 \Delta_{11} + \chi^2 \xi_2 \Delta_{22} + \xi_1 \xi_2 \Delta_{11} \Delta_{22} - \xi_1 \xi_2 \Delta_{12}^2 \right)}{\left(\chi^2 \left(\chi^2 \Sigma EI - c_1^2 \xi_1 - c_2^2 \xi_2 + \xi_1 \Delta_{11} \Sigma EI + \xi_2 \Delta_{22} \Sigma EI \right) - \right. \\ \left. - \xi_1 \xi_2 \left(c_2^2 \Delta_{11} + c_1^2 \Delta_{22} - 2c_1 c_2 \Delta_{12} - \Delta_{11} \Delta_{22} \Sigma EI + \Delta_{12}^2 \Sigma EI \right) \right)}. \quad (7)$$

Наименьшие значения критической нагрузки получаются при изгибе элемента по одной полуволне синусоиды, что соответствует числу $n=1$. В случае двухсторонней панели с обшивками одинаковой тол-

$$N_{кр} = - \frac{\chi^2 \Sigma EI^2 \left(\chi^4 + 2\chi^2 \xi \Delta_{11} + \xi^2 \Delta_{11}^2 - \xi^2 \Delta_{12}^2 \right)}{\left(\chi^2 \left(\chi^2 \Sigma EI - 2c^2 \xi + 2\xi \Delta_{11} \Sigma EI \right) - \xi^2 \left(2c^2 \Delta_{11} - 2c^2 \Delta_{12} - \Delta_{11}^2 \Sigma EI + \Delta_{12}^2 \Sigma EI \right) \right)}. \quad (8)$$

Результаты

В качестве расчетного варианта принимается стеновая панель (рис. 3) с обшивкой листами фанеры конструкционной (ФК) габаритами $0,012 \times 1,525 \times H$ м и ориентированно-стружечными плитами (ОСП) $0,012 \times 1,22 \times H$ м, где H – высота стены. Коэффициент жесткости шва ($\xi = 1/\delta S$, где δ – величина сдвига связи (коннектора) при единичной сдвигающей нагрузке) зависит как от типа и размера соединителей, так и от шага их расстановки S , поэтому может задаваться в широком диапазоне значений ($\xi = 1 \cdot 10^3 \dots 40 \cdot 10^3$ кН/м² при фанерной обшивке и $\xi = 0,5 \cdot 10^3 \dots 20 \cdot 10^3$ кН/м² при обшивке из ОСП) [8]. Высота сечения ребер принимается равной: $h_p = 0,15; 0,175$ и $0,2$ м, толщина обшивки $t_{об} = 0,012$ м, высота ребер $H = 2,5; 2,75$ и 3 м.

С увеличением параметра податливости сдвиговых связей ξ работа панели ста-

Сокращение системы на $(\Sigma N)^2 / \Sigma EI$ дает детерминантное уравнение:

$$\begin{vmatrix} \left(\Delta_{11} + \chi^2 / \xi_1 \right) & \Delta_{12} & c_1 \\ \Delta_{21} & \left(\Delta_{22} + \chi^2 / \xi_2 \right) & c_2 \\ c_1 & c_2 & \left[\Sigma EI + \chi^2 (\Sigma EI)^2 / \Sigma N \right] \end{vmatrix} = 0. \quad (6)$$

Раскрытием определителя относительно ΣN может быть выражена формула для вычисления величины критической нагрузки $N_{кр} = \Sigma N$:

щины $\Delta_{11} = \Delta_{22}$; $\Delta_{11} = \Delta_{22}$; $c_1 = c_2 = c$ и $\xi_1 = \xi_2 = \xi$, после подстановки в (7) получено упрощенное выражение:

новится эквивалентной работе составного композитного двутавра, стенка которого ориентирована в плоскости изгиба, что дает возможность значительно увеличить критическую нагрузку по сравнению с одиночными стойками без вовлечения в работу обшивки. Для стены с обшивкой из фанеры конструкционной при опирании листов обшивки на две стойки с размерами поперечного сечения стойки $0,05 \times 0,1$ м относительное возрастание доли критической нагрузки $|N_{кр}|$ составляет $0,42 \dots 2,26$, при размерах $0,05 \times 0,15$ м – $0,28 \dots 1,41$; при размерах $0,05 \times 0,2$ м – $0,20 \dots 1,02$. Для стен с обшивками из ориентированно-стружечных плит возрастание доли критической нагрузки наблюдается в пределах $0,39 \dots 1,3$; $0,33 \dots 0,81$ и $0,19 \dots 0,59$ при вышеуказанных параметрах сечения деревянных стоек.

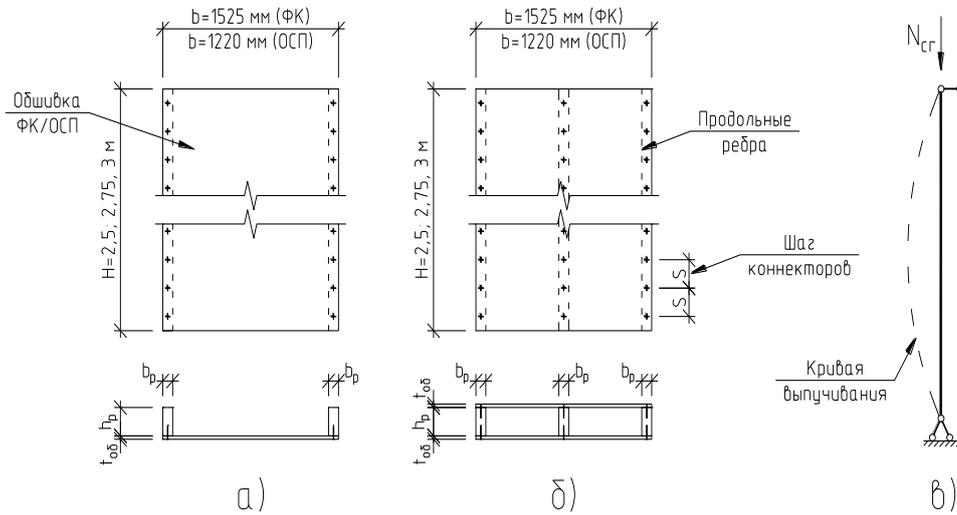


Рис. 3

Для стены с обшивкой из конструкционной фанеры при опирании листов на три стойки доля возрастания критической нагрузки $|N_{кр}|$ составляет 0,67...3,7; 0,42...2,3 и 0,3...1,65 при размерах поперечного сечения стоек панели 0,05×0,1 м; 0,05×0,15 м и 0,05×0,2 м соответственно. Применение обшивок из ориентированно-стружечных плит позволяет повысить значения критической $|N_{кр}|$ силы на 0,61...1,99, 0,39...1,21 и 0,28...0,87 при указанных выше параметрах сечения стоек соответственно. Результаты расчета изображены на графиках рис. 4.

Для инженерного расчета рассмотренных конструкций предлагается методика, основанная на определении характеристик цельного двутаврового сечения (с абсолютно неподатливыми связями сдвига) с введением корректирующего коэффициента k_ϕ , который учитывает негативный эффект от податливости связей, снижающий общую устойчивость сжатого элемента:

$$\phi = \phi_0 k_\phi, \quad (9)$$

где ϕ_0 – коэффициент, учитывающий возможность потери элементом устойчивости, определяемый, как для элемента с цельным композитным двутавровым сечением.

Значение корректирующего коэффициента определяется по формуле:

$$k_\phi = \frac{N_{кр, \xi_{факт}}}{N_{кр, \xi \rightarrow \infty}}, \quad (10)$$

где $N_{кр, \xi \rightarrow \infty}$ – критическая нагрузка для цельного двутаврового сечения; $N_{кр, \xi_{факт}}$ – критическая нагрузка для составного элемента с заданной жесткостью связей сдвига ξ .

Результаты вычислений значений корректирующего коэффициента k_ϕ для стены с двухсторонней обшивкой представлены в табл. 1.

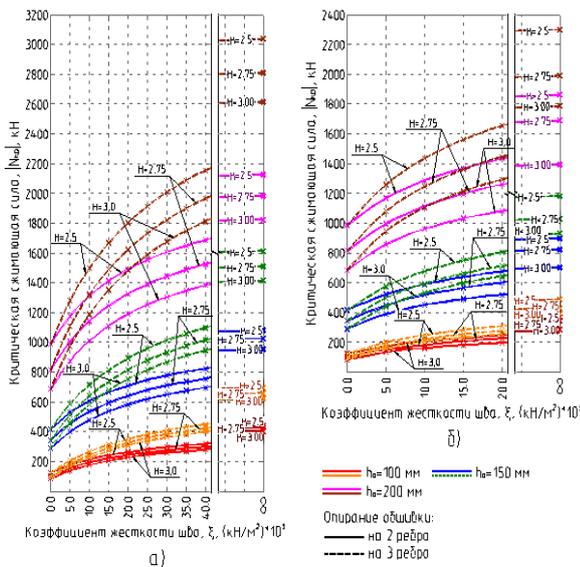


Рис. 4

Таблица 1

Сечение стоек $b \times h$, м	Высота стены h , м	Распределенная жесткость шва $\xi \cdot 10^3$, кН/м ²							
		5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0
Опираие обшивки на 2 ребра									
0,05×0,1	2,5	<u>0,399</u> 0,472	<u>0,483</u> 0,562	<u>0,549</u> 0,624	<u>0,596</u> 0,675	<u>0,639</u> –	<u>0,671</u> –	<u>0,700</u> –	<u>0,721</u> –
	2,75	<u>0,365</u> 0,441	<u>0,452</u> 0,534	<u>0,520</u> 0,605	<u>0,571</u> 0,652	<u>0,615</u> –	<u>0,648</u> –	<u>0,677</u> –	<u>0,702</u> –
	3,0	<u>0,345</u> 0,471	<u>0,437</u> 0,573	<u>0,506</u> 0,642	<u>0,561</u> 0,693	<u>0,603</u> –	<u>0,642</u> –	<u>0,672</u> –	<u>0,695</u> –
0,05×0,15	2,5	<u>0,487</u> 0,616	<u>0,561</u> 0,659	<u>0,616</u> 0,712	<u>0,658</u> 0,754	<u>0,692</u> –	<u>0,720</u> –	<u>0,741</u> –	<u>0,761</u> –
	2,75	<u>0,445</u> 0,547	<u>0,522</u> 0,631	<u>0,581</u> 0,689	<u>0,627</u> 0,732	<u>0,662</u> –	<u>0,692</u> –	<u>0,714</u> –	<u>0,740</u> –
	3,0	<u>0,420</u> 0,555	<u>0,501</u> 0,642	<u>0,563</u> 0,700	<u>0,611</u> 0,741	<u>0,652</u> –	<u>0,681</u> –	<u>0,708</u> –	<u>0,732</u> –
0,05×0,2	2,5	<u>0,553</u> 0,628	<u>0,618</u> 0,692	<u>0,665</u> 0,734	<u>0,702</u> 0,768	<u>0,732</u> –	<u>0,755</u> –	<u>0,775</u> –	<u>0,792</u> –
	2,75	<u>0,507</u> 0,591	<u>0,575</u> 0,661	<u>0,627</u> 0,708	<u>0,667</u> 0,745	<u>0,702</u> –	<u>0,726</u> –	<u>0,751</u> –	<u>0,768</u> –
	3,0	<u>0,481</u> 0,614	<u>0,552</u> 0,691	<u>0,608</u> 0,742	<u>0,651</u> 0,775	<u>0,686</u> –	<u>0,714</u> –	<u>0,738</u> –	<u>0,757</u> –
Опираие обшивки на 3 ребра									
0,05×0,1	2,5	<u>0,295</u> 0,405	<u>0,383</u> 0,507	<u>0,452</u> 0,581	<u>0,505</u> 0,632	<u>0,551</u> –	<u>0,589</u> –	<u>0,618</u> –	<u>0,646</u> –
	2,75	<u>0,278</u> 0,408	<u>0,371</u> 0,515	<u>0,442</u> 0,592	<u>0,498</u> 0,648	<u>0,543</u> –	<u>0,581</u> –	<u>0,615</u> –	<u>0,641</u> –
	3,0	<u>0,268</u> 0,406	<u>0,362</u> 0,516	<u>0,438</u> 0,596	<u>0,495</u> 0,652	<u>0,542</u> –	<u>0,582</u> –	<u>0,612</u> –	<u>0,643</u> –
0,05×0,15	2,5	<u>0,365</u> 0,487	<u>0,442</u> 0,572	<u>0,503</u> 0,635	<u>0,553</u> 0,682	<u>0,593</u> –	<u>0,627</u> –	<u>0,657</u> –	<u>0,681</u> –
	2,75	<u>0,342</u> 0,483	<u>0,426</u> 0,577	<u>0,488</u> 0,642	<u>0,541</u> 0,690	<u>0,582</u> –	<u>0,617</u> –	<u>0,648</u> –	<u>0,673</u> –
	3,0	<u>0,323</u> 0,472	<u>0,411</u> 0,573	<u>0,481</u> 0,641	<u>0,532</u> 0,692	<u>0,575</u> –	<u>0,611</u> –	<u>0,642</u> –	<u>0,668</u> –
0,05×0,2	2,5	<u>0,421</u> 0,548	<u>0,492</u> 0,625	<u>0,548</u> 0,678	<u>0,593</u> 0,721	<u>0,632</u> –	<u>0,662</u> –	<u>0,688</u> –	<u>0,708</u> –
	2,75	<u>0,393</u> 0,541	<u>0,472</u> 0,625	<u>0,531</u> 0,683	<u>0,578</u> 0,725	<u>0,615</u> –	<u>0,651</u> –	<u>0,677</u> –	<u>0,698</u> –
	3,0	<u>0,372</u> 0,528	<u>0,453</u> 0,618	<u>0,516</u> 0,678	<u>0,568</u> 0,723	<u>0,606</u> –	<u>0,642</u> –	<u>0,668</u> –	<u>0,692</u> –

Примечание: в числителе представлены значения для стены с обшивками из фанеры, в знаменателе – с обшивками из ориентированно-стружечной плиты. При промежуточных значениях величины сдвиговой жесткости ξ и высоты сечения стойки h_p (0,125; 0,175 м) значения корректирующего коэффициента k_φ следует определять по линейной интерполяции.

Влияние изменения температурно-влажностного режима внутренней среды на деформативность и устойчивость будет существенным для незащищенных наружных конструкций стеновых панелей и малозначимым – для внутренних. При увеличении влажности будет возрастать деформативность связей, следовательно, снижаться их жесткость и критическая сила.

Температурные воздействия на сухую древесину и обшивки панелей, по сравнению с влажностными воздействиями, несущественны [18]. Как известно, влажность интенсифицирует развитие деформаций ползучести древесины, что может быть учтено формулами [11]:

$$\gamma(\omega) = \frac{\gamma}{1 + \lambda\omega}, \quad (11)$$

$$\gamma(\omega) = \frac{\gamma}{1 + \lambda\omega}, \quad (12)$$

где $\gamma(\omega)$ – предельная характеристика ползучести соединения в момент стабилизации его деформации; γ – коэффициент, характеризующий скорость развития деформации ползучести во времени t (сут); λ – реологический параметр; ω – предельное значение накопленных остаточных деформаций, мм.

Таким образом, расчетный алгоритм для определения критической нагрузки для панелей на деревянном каркасе включает следующую последовательность:

1. Определение коэффициента редукции обшивок для учета неравномерного распределения нормальных сжимающих напряжений по ширине (эффект запаздывания сдвига). При этом необходимо учитывать анизотропные свойства материала обшивок.

2. Выбор типа соединителей, назначение их размера и шага расстановки, определение погонного коэффициента сдвиговой жесткости ξ .

3. Вычисление геометрических характеристик, составляющих поперечного сечения.

4. Подстановка полученных значений в формулы (7) или (8) и определение критической силы, сравнение ее с нормируемым значением [18], [19].

5. Для учета деформаций ползучести соединений вследствие повышенной (>15%) влажности древесины рекомендуется в инженерном расчете корректировать коэффициент k_ϕ (п. 3).

6. В случае невыполнения нормативных требований коэффициента запаса устойчивости необходимо увеличение геометрических характеристик сечения или повышение погонной жесткости связей, перерасчет по пп. 1...4.

ВЫВОДЫ

1. Созданы физико-математическая модель и расчетный алгоритм, позволяющие определить значение критической силы

для стеновой панели на деревянном каркасе с двухсторонней обшивкой из конструкционной фанеры и ОСП с учетом включения обшивок в совместную работу с продольными стойками каркаса за счет податливых механических соединений с повышенной сдвигоустойчивостью связей на границе "ребро-обшивка".

2. Установлено, что в зависимости от варьируемых статико-геометрических параметров конструкции можно добиться увеличения критической нагрузки на панель: до 230% для панели с обшивкой из фанеры конструкционной при опирании на две стойки и 366% – при опирании обшивки на три стойки; до 130% для панели с обшивкой из ОСП при опирании на две стойки и 200% – при опирании обшивки на три стойки.

3. Предложен инженерный расчет и корректирующий коэффициент k_ϕ , позволяющий производить расчет рассматриваемых конструкций упрощенным методом (как цельного сечения) и учитывающий снижение критической силы вследствие податливости связей сдвига.

4. Предложенную методику расчета деревокомпозитных панелей с податливыми связями рекомендуется использовать при проектировании стеновых конструкций наружных стен и внутренних помещений текстильных предприятий с химически агрессивной средой, а также жилых и общественных зданий для обеспечения их высокой экологической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кавелин А.С.* Исследование работы на сдвиг гвоздевого соединения обшивки и ребра деревянной стеновой панели // Строительство-2014: Современные проблемы промышленного и гражданского строительства: мат. междунар. науч.-практ. конф. / Ростовский государственный строительный университет, Институт промышленного и гражданского строительства. Ростов н/Д, 2014. С. 98...100. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_24672247_47513863.pdf Дата доступа 12.01.2023.

2. *Лабудин Б.В., Воронков С.А., Гмырина А.П., Русланова А.П.* Исследование прочности стеновых панелей на деревянном каркасе для условий Крайнего Севера // Строительная наука – XXI: теория, образование, практика, инновации Северарктическому региону: мат. междунар. науч.-техн.

конф., 28–30 июня 2015 г. Архангельск, 2015. С. 187...193.

3. *Рощина С.И., Лисятников М.С., Мелехов В.И., Лабудин Б.В., Лукин М.В.* Применение высоких деревоклееных балок в покрытии зданий текстильных цехов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 5. С. 267...271.

4. ГОСТ 55658-2013. Панели стеновые с деревянным каркасом. Технические условия [Электронный ресурс]. – Введ. 2014–05–01. – Электрон. дан. // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293776/4293776925.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

5. *Черных А.Г., Черных А.С., Коваль П.С. и др.* Прочность и жесткость стеновых панелей на деревянном каркасе // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 171...179.

6. *Жаданов В.И., Инжутов И.С., Украинченко Д.А., Яричевский И.И.* О неиспользуемых резервах в проектировании панельных конструкций на основе деревянного каркаса // Изв. вузов. Строительство. 2016. № 2 (686). С. 15...24.

7. *Механиков В.М.* Соединение элементов в конструкциях с применением ЦСП: дис. ... канд. техн. наук. М., 1995.

8. *Русланова А.В.* Совершенствование конструкций и технологии изготовления деревоклееных панелей: дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2021.

9. *Попов Е.В., Лабудин Б.В., Мелехов В.И.* Испытание на сдвиг элементов деревянных конструкций, соединенных с применением зубчатых шайб "Bulldog" // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: мат. Междунар. академических чтений / Курск. гос. университет. Курск, 2015. С.189...198.

10. *Андреев О.О.* Учет податливости соединений в методе конечных элементов // Численные методы и алгоритмы: Труды ЦНИИСК. М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1975. Вып. 46. С. 54...62.

11. *Лабудин Б.В.* Совершенствование клееных деревянных конструкций с пространственно-регулярной структурой. Архангельск: Архангельский гос. техн. ун-т, 2007.

12. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций. М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1981.

13. *Popov E.V., Sopilov V.V., Bardin I.N., & Lyapun D.M.* (2021). Calculation of Vertical Deformations of Composite Bending Wooden Structures with Non-Linear Behavior of Shear Bonds. 109–116. Режим доступа: https://doi.org/10.1007/978-3-030-75182-1_15 Дата доступа 12.01.2023.

14. *Labudin B., Popov E., Vladimirova O., Sopilov V., Bobyleva A.* Wood-Composite Structures with Non-Linear Behavior of Semi-Rigid Shear Ties; 2021; Construction of Unique Buildings and Structures; 97 Article No 9702. doi: 10.4123/CUBS.97.2

15. *Popov E.V. et al.* Calculation features of compressed-bent build-up timber columns with nonlinear-deformable shear bracings. 2022 IOP Conf. Ser.:

Mater. Sci. Eng. 1211 012007 DOI 10.1088/1757-899X/1211/1/012007. Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1211/1/012007/meta> Дата доступа 12.01.2023.

16. *Ржаницын А.Р.* Составные стержни и пластинки. М.: Стройиздат, 1986.

17. *Labudin B., Popov E., Stolypin D., Sopilov V.* The wood composite ribbed panels on mechanical joints. E3S Web Conf. Volume 91, 2019. Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPACEE 2018). Режим доступа: https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/17/e3sconf_tpacee2019_02021/e3sconf_tpacee2019_02021.html Дата доступа 12.01.2023.

18. СП 64.13330.2017. Свод правил. Деревяные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II–25–80 (с Изменением №1) [Электронный ресурс]. – Введ. 2017–07–28. Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456082589>, свободный.

19. CEN EN 1995–1–1:2004/A2–2014 Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1–1: General – Common rules and rules for buildings. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/552380618> Дата доступа 12.01.2023.

REFERENCES

1. Kavelin A.S. The study of the shear work of the nail connection of the sheathing and the rib of the wooden wall panel // In the collection: Construction-2014: modern problems of industrial and civil construction. Materials of the international scientific-practical conference. Rostov State University of Civil Engineering, Institute of Industrial and Civil Engineering. 2014. S. 98...100. Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_24672247_47513863.pdf Access date 01/12/2023.

2. *Labudin B.V., Voronkov S.A., Gmyrina A.P., Ruslanova A.P.* Study of the strength of wall panels on a wooden frame for the conditions of the Far North // In the collection: Building science – XXI: theory, education, practice, innovations for the North Arctic region. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, June 28–30, 2015. P. 187...193.

3. *Roshchina S.I., Lisyatnikov M.S., Melekhov V.I., Labudin B.V., Lukin M.V.* The use of high wood glued beams in the coating of buildings of textile shops // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2016. No. 5 (365). S. 267...271.

4. GOST 55658-2013 Wall panels with a wooden frame. Specifications [Electronic resource]. – Input. 2014–05–01. – Electron. Dan. // Techexpert: electronic fund of legal and normative-technical documentation. – Access mode: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293776/4293776925.pdf>, free. – Title from the screen.

5. *Chernykh A.G., Chernykh A.S., Koval P.S.* [et al.] Strength and stiffness of wall panels on a wooden

frame // Modern problems of science and education 2012. No. 3. P. 171..179.

6. Zhadanov V.I., Inzhutov I.S., Ukrainchenko D.A., Yarichevsky I.I. On unused reserves in the design of panel structures based on a wooden frame // News of higher educational institutions. Building. 2016. No. 2 (686). Pp. 15...24.

7. Mekhanikov V.M. Connection of elements in structures using DSP: dissertation ... candidate of technical sciences: 05.23.01. M., 1995. 211 p.

8. Ruslanova A.V. Improving the designs and manufacturing technology of wood-composite panels: dis. ... candidate of technical sciences: 05.21.05 /; [Place of defense: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov]. Arkhangelsk, 2021. 178 p.

9. Popov E.V. Shear test of elements of wooden structures connected with the use of toothed washers "Bulldog" / Popov E.V., Labudin B.V., Melekhov V.I. // Safety of the building fund of Russia. Problems and Solutions: Materials of the International Academic Readings / Kursk. state university. Kursk, 2015. Pp. 189...198.

10. Andreev O.O. Accounting for the compliance of joints in the finite element method // Sat. scientific papers. M.: TsNIISK im. V.A. Kucherenko, 1975. Issue 46. S. 54...62.

11. Labudin B.V. Improvement of glued wooden structures with a spatially regular structure: monograph. Arkhangelsk: Arkhang. state tech. un-t, 2007. 267 p.

12. Recommendations for testing joints of wooden structures. M.: TsNIISK im. V.A. Kucherenko, 1981. 41 p.

13. Popov E.V., Sopilov V.V., Bardin I.N. & Lypin D.M. (2021). Calculation of Vertical Deformations of Composite Bending Wooden Structures with Non-linear Behavior of Shear Bonds. 109–116. Access mode: https://doi.org/10.1007/978-3-030-75182-1_15 Access date 01/12/2023.

14. Labudin B., Popov E., Vladimirova O., Sopilov V., Bobyleva A. Wood-Composite Structures with Non-Linear Behavior of Semi-Rigid Shear Ties; 2021; Construction of Unique Buildings and Structures; 97 Article No 9702. doi: 10.4123/CUBS.97.2

15. Popov E.V. et al. Calculation features of compressed-bent build-up timber columns with nonlinear-deformable shear bracings. 2022 IOP Conf. Ser.: Mater. sci. Eng. 1211 012007 DOI 10.1088/1757-899X/1211/1/012007. Access mode: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1211/1/012007/meta> Access date 01/12/2023.

16. Rzhantsyn A.R. Composite rods and plates: scientific publication / A.R. Rzhantsyn. M.: Stroyizdat, 1986. 314 p.

17. Labudin B., Popov E., Stolypin D., Sopilov V. The wood composite ribbed panels on mechanical joints. E3S Web Conf. Volume 91, 2019. Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPACEE 2018). Access mode: https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/17/e3sconf_tpacee2019_02021/e3sconf_tpacee2019_02021.html

18. SP 64.13330.2017. Set of rules. Wooden structures. Updated edition of SNiP II–25–80 (with Amendment No. 1) [Electronic resource]. – Enter. 2017-07-28. Techexpert: electronic fund of legal and regulatory and technical documentation. – Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/456082589>, free.

19. CEN EN 1995-1-1:2004/A2-2014 Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings. Accessmode: <https://docs.cntd.ru/document/552380618> Accessdate 01/12/2023.

Рекомендована кафедрой инженерных конструкций, архитектуры и графики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Поступила 19.01.23.

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПРИЛОЖЕНИЯ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАЦКИХ УЗОРОВ
ДЛЯ ТКАЧЕСТВА НА ДОЩЕЧКАХ**

**DEVELOPMENT OF THE APPLICATION ARCHITECTURE
FOR THE DESIGN OF WEAVING PATTERNS FOR WEAVING ON BOARDS**

А.Е. МАКАРЕНКО, А.С. ПЕДА

A.E. MAKARENKO, A.S. PEDA

(Государственный университет управления)

(State University of Management)

E-mail: dfkmc@mail.ru; arina.peda01@mail.ru

В статье показана значимость возрождения традиционных ремесел, в частности ручного ткачества на дощечках. Выявлены проблемы, с которыми сталкиваются мастера при проектировании ткацких узоров, и доказана целесообразность автоматизации этого процесса. На основе анализа существующих программных продуктов подтверждена актуальность разработки приложения. Описана технология ткачества на дощечках и сформирована система классов, учитывающая все особенности процесса и являющаяся основой программного приложения, поддерживающего проектирование ткацких узоров и составление инструкций для их воплощения в готовых изделиях. Описанная в статье система классов может служить ядром и при создании приложений, ориентированных на иные техники ткачества.

The article shows the importance of the revival of traditional crafts, in particular, hand weaving on boards. The problems that craftsmen face when designing weaving patterns are identified, and the expediency of automating this process is proved. Based on the analysis of existing software products, the relevance of developing an application is confirmed. The technology of weaving on boards is described and a class system is formed that takes into account all the features of the process and is the basis of a software application that supports the design of weaving patterns and the preparation of instructions for their implementation in finished products. The class system described in the article can also serve as the core when creating applications focused on other weaving techniques.

Ключевые слова: объектно-ориентированное программирование, класс, программное приложение, народный костюм, ткачество на дощечках, ручное ткачество, ткачество поясов, пояс, ткацкий узор.

Keywords: object-oriented programming, class, software application, folk costume, plank weaving, hand weaving, belt weaving, belt, weaving pattern.

Введение

В последние десятилетия практически в каждом уголке России наблюдается рост интереса к национальной истории, жизни и

быту предков, их материальной и духовной культуре. Это касается и традиционного народного костюма, важным элементом которого у многих народностей был

тканый пояс. Наряду с утилитарными, он выполнял ритуальные функции, считался оберегом: узоры костюма выступали "проводниками" человека к высшим силам природы [1...4]. Нарядный пояс являлся украшением, свидетельствовал о благосостоянии владельца [5], демонстрировал мастерство и трудолюбие женщин данной семьи. Выйти на люди без пояса считалось неприличным. Подобное отношение к поясу можно заметить в культуре многих народов России [6...13].

Возрождение традиций ручного ткачества не может не радовать. Люди приобщаются к истории, растет их национальное самосознание, уважение к своим корням, развивается эстетическое чувство, пространственное мышление и творческие способности. Совершенствуя мелкую моторику, рукоделие положительно влияет на когнитивные функции, тренирует память и снижает риск возникновения деменции в пожилом возрасте [14].

Освоив технологию ткачества на готовых схемах, человек испытывает естественную потребность создавать узорные пояса в соответствии с собственным замыслом. На этом этапе он сталкивается с необходимостью отрисовки своих эскизов на бумаге либо при помощи компьютера. И то и другое отнимает много времени, не всегда приводя к желаемому результату. Подобная проблема существует и при проектировании ткацких переплетений для промышленного производства тканей [15...17]. Первые попытки автоматизации проектирования ткацких переплетений относятся к началу 1970-х годов, а стремительное развитие электронно-вычислительной техники на рубеже нынешнего века позволило разработать и внедрить программное обеспечение, позволяющее создавать сложные рисунки, ориентированные на разные виды ткацких переплетений. В монографии [18] подробно рассмотрены вопросы автоматизации проектирования ремизных и жаккардовых тканей, в частности, используемые в этих целях программные продукты.

Ткачество поясов имеет ряд особенностей. Прежде всего, пояс является важным элементом декора костюма, что выдвигает

особые требования к его художественным достоинствам, при этом не только лицевая, но и изнаночная сторона должна выглядеть как минимум аккуратно, не имея длинных перекрытий. Ткань пояса должна быть достаточно толстой и плотной, а также максимально износостойкой, давая возможность завязывать пояс узлом либо фиксировать его застежкой или металлической пряжкой. Ткачество на дощечках позволяет создавать изделия, отвечающие перечисленным требованиям. Однако эта техника отличается от обычного ткачества, поскольку совмещает ткачество с элементами плетения. С усложнением технологии существенно расширяются изобразительные возможности.

Ниша приложений для ткачества на дощечках в настоящий момент практически не заполнена и представлена всего двумя программами для персонального компьютера: GTT [19] и The Loomy Bin [20], причем оба продукта уже не поддерживаются разработчиками. Установка приложения The Loomy Bin вызывает значительные сложности, так как для работы оно требует установленной и настроенной виртуальной машины Java, версия которой не используется и не поддерживается современными операционными системами. Приложение GTT на современных машинах запускается, однако последняя дата в логе изменений приложения GTT – 22.04.2008. Программа GTT позволяет пользователю генерировать схемы для разных видов ткачества, конвертировать схемы и сохранять собственные шаблоны. Однако интерфейс приложения весьма неудобен. Его пестрота и неоднородность мешают работать, панели управления расположены плотно друг к другу, а иконки инструментов не группируются по стилистике или цветовой гамме и практически не несут смысловой нагрузки, что вызывает затруднения при их использовании. В самом приложении отсутствует полная и удобочитаемая справочная система, не реализован поиск по функционалу. Значительным недостатком является невнятная нумерация проходов на схеме, что нередко приводит к ошибкам при ткачестве. В чис-

ле минусов следует назвать и отсутствие русскоязычной версии. На основе проведенного анализа можно утверждать, что существующие решения не отвечают потребностям современного пользователя и актуальной задачей является разработка нового программного продукта.

Методы исследования

Грамотная организация программного продукта обеспечивает удобство работы над проектом, сокращает время разработки, облегчает сопровождение, а часто влияет и на качество готового приложения, например, повышает скорость обработки информации. Программа, назначением которой является создание узоров для традиционного ручного ткачества на дощечках и составление инструкций для воплощения этих узоров в готовых изделиях, ставит перед разработчиком множество нетривиальных задач, для решения которых особенно важно сформировать рациональную систему типов данных и обеспечить их взаимодействие как между собой, так и с инструментами визуального программирования. Объектно-ориентированный подход представляется при этом оптимальным, поскольку позволяет при описании каждой сущности инкапсулировать ее атрибуты и методы работы с ними. Механизмы наследования и агрегирования дают возможность выстроить удобную иерархию, а полиморфизм существенно упрощает работу и сокращает объем кода.

При разработке программного приложения авторы использовали язык программирования C++. Этот язык подразумевается и при написании данной статьи, хотя приводимые ниже соображения могут быть реализованы и посредством иных языков, поддерживающих технологию объектно-ориентированного программирования. Привязка к конкретной среде разработки в статье не делается, поскольку для организации удобного пользовательского интерфейса подойдут многие современные средства визуального программирования. Кроме того, пожелания заказчиков в части интерфейса могут иметь существенные различия, но все они допускают реализа-

цию на основе рассмотренного ниже ядра, представляющего собой систему классов.

Приведем краткое описание сущности процесса ткачества на дощечках.

Дощечка представляет собой тонкую пластину в форме многоугольника (наиболее распространены квадратные дощечки, однако можно ткать и с использованием 3-8-угольных дощечек). В каждом углу имеется отверстие. В отверстия продеваются нити основы. Нити могут быть заправлены как снизу вверх, так и наоборот. Это определяет наклон дощечки в заправке и влияет на вид узора, получаемого при ткачестве. В ходе ткачества наклон дощечки может быть изменен, при этом последовательность нитей меняется на обратную.

Ткачество производится с помощью нескольких дощечек. Комплект дощечек с продетыми в них нитями будем называть заправкой. Число дощечек в заправке может варьировать в широких пределах, чаще всего оно лежит в диапазоне от 8 до 40. Меньшее количество позволяет выполнять лишь простейшие узоры, а при большом количестве затруднительно обеспечить равномерное натяжение долевых нитей (отчасти позволяет решить эту проблему станок). В ходе ткачества две соседние дощечки можно поменять местами, это называется перебросом.

Нити основы со сложенными вместе дощечками равномерно натягивают. Часть нитей при этом оказывается сверху, а часть – снизу: образуется зев, через который пробрасывается уточная нить. После проброса утка дощечки поворачивают, в результате чего формируется узор. Проброс утка и следующий за ним поворот дощечек будем называть проходом. Дощечки можно поворачивать к себе либо от себя. Направление вращения может не совпадать как в разных проходах, так и в рамках одного прохода: это мощное средство для создания интересных и разнообразных орнаментов. Угол поворота чаще всего составляет величину $\pm 360/D$ градусов, где D – количество отверстий дощечки. Для получения повторяющегося узора следует придерживаться определенного алгоритма вра-

щения дощечек. Иногда некорректно выбранная последовательность поворотов чревата слишком длинными протяжками нитей основы. Следует упомянуть технику "холостого хода", при которой на четных проходах поворачивают только четные дощечки, а на нечетных – нечетные. Это вдвое повышает изобразительные возможности заправки, но на выходе получается в два раза более толстое изделие, что желательно далеко не всегда.

При ткачестве на дощечках на каждом проходе можно выделить два активных отверстия. При повороте дощечки от себя (вперед) в узоре появляется цвет нити основы, продетой в первое активное отверстие (обычно верхнее ближнее к ткачу), при повороте к себе (назад) – цвет нити из второго активного отверстия (обычно верхнее дальнее от ткача). При вращении дощечки цвета сменяют друг друга, периодически оказываясь в активных позициях.

Разработка системы классов проводилась снизу вверх. На основе результатов анализа предметной области выполнялось первичное описание класса нижнего уровня, затем осуществлялся переход к классу следующего уровня. В ходе работы над ним, если возникала необходимость, делалась доработка класса нижнего уровня. Возврат к любому из классов допускался при работе над любым из классов более высокого уровня, если того требовала логика разработки. После модернизации класса проводился последовательный анализ связанных с ним классов более высокого уровня, и, если это требовалось, в них вносились соответствующие изменения. В связи с этим особую значимость имеет тщательная проработка классов нижнего уровня.

Общее замечание: при разработке системы классов все их поля объявлялись закрытыми (`private`) либо, в случае наследования, защищенными (`protected`), как это принято в объектно-ориентированном программировании. Методы классов объявлялись общедоступными (`public`).

Результаты и обсуждения

При проектировании снизу-вверх первым следует описать класс нижнего уровня

Дощечка. Поля этого класса, выделенные при первичном описании: количество отверстий, первичный угол наклона и динамический массив цветов нитей. Предполагается, что программа позволит разрабатывать схемы для ткачества с помощью не только квадратных, но и других дощечек. Тщательная и полная проработка методов этого класса существенно упростит моделирование процесса ткачества. Особое внимание надо уделить методу поворота дощечки на заданный угол и методу изменения наклона дощечки, поскольку именно они обеспечивают формирование узора. Важно прописать перегрузки операций, что позволит работать с объектами класса привычным способом. Перегрузка оператора присваивания необходима ввиду того, что одно из полей класса – динамический массив. По этой же причине должны быть явно перегружены конструкторы по умолчанию и копирования и, соответственно, деструктор.

Класс следующего уровня – это Заправка. Поля данного класса при первичном описании: количество дощечек в заправке и динамический массив объектов класса Дощечка. В этом случае используется прием агрегирования, когда некоторый класс содержит в качестве полей объекты, указатели на объекты или массивы объектов ранее описанных классов.

При разработке этого класса возник вопрос: не следует ли включить в состав полей количество отверстий используемых в конкретном случае дощечек? В пользу этого соображения выступает то обстоятельство, что, как правило, все дощечки заправки имеют одинаковое число отверстий (в редких случаях, когда это не так, по числу отверстий отличаются кромочные дощечки, которые в формировании узора участия не принимают). Однако при этом разработчик сталкивается с дублированием данной сущности в классах Заправка и Дощечка, что недопустимо. Между тем, программируя класс Заправка, необходимо постоянно оперировать количеством отверстий. Для решения этой проблемы целесообразно прописать метод, определяющий число отверстий по любой из дощечек заправки.

Аналогичный вопрос возник относительно положения дощечек, то есть того, какие отверстия находятся в активных позициях. На момент начала ткачества положение дощечек одинаково, одинаково оно и при синхронных поворотах. И, в отличие от количества отверстий, дублирования можно было бы избежать, убрав это поле из класса Дощечка. Но синхронное вращение – это частный случай. Более сложные и интересные узоры формируются при асинхронном вращении, поэтому данное поле должно быть привязано к конкретной дощечке и характеризовать ее текущее положение. В связи с этим были внесены изменения в первичное описание класса Дощечка: в состав его полей добавлен признак, характеризующий положение дощечки и определяющий цвета в активных отверстиях.

Класс Заправка содержит в числе полей динамический массив, следовательно, должны быть явно определены конструктор по умолчанию, конструктор копии, деструктор и перегрузка оператора присваивания. Среди методов отметим перестановку соседних дощечек, а также функции сохранения заправки в файл и загрузки ее в программу из файла.

При использовании класса Заправка в ходе разработки программы регулярно возникает необходимость работы с объектами класса Дощечка, входящими в заправку, а именно обращения к их полям. Прямой доступ к ним невозможен, поскольку они являются приватными. Существует два пути решения проблемы. Во-первых, класс Заправка можно объявить дружественным (*friend*) для класса Дощечка. Во-вторых, прописать в классе Дощечка необходимые методы: геттеры и сеттеры. Второй путь предпочтительнее, поскольку он не нарушает закрытости полей, а также более универсален: ведь впоследствии доступ к полям класса Дощечка может потребоваться и из других классов. В связи с этим в описание класса Дощечка внесены изменения: добавлены указанные выше методы.

В класс Заправка также добавлены геттеры и сеттеры, которые с большой долей вероятности потребуются в перспективе.

Класс следующего уровня – это класс Узор. Он фиксирует повороты дощечек на каждом проходе, то есть алгоритм формирования в изделии некоторого рисунка. На практике это обычно формализованное описание одного раппорта. Здесь явно прослеживается необходимость введения низкоуровневых классов, в первую очередь, класса, описывающего единичный акт поворота одной дощечки при одном проходе, назовем его класс Акт.

Класс нижнего уровня Акт включает два поля: угол поворота дощечки и текущий наклон дощечки (как было сказано ранее, в ходе ткачества наклон дощечки может быть изменен). Методы этого класса преимущественно обеспечивают базовую функциональность. Как обычно, должны быть прописаны необходимые перегрузки операций. Класс не содержит указателей и динамических массивов, поэтому в явном описании конструкторов жесткой необходимости нет, однако авторы придерживаются позиции, что конструкторы по умолчанию и копирования лучше определять всегда.

Вернемся к классу Узор. Рисунок раппорта формируется в результате последовательности проходов, а каждый проход – это набор поворотов каждой из дощечек, то есть последовательность объектов класса Акт. В связи с этим возникла мысль: не следует ли ввести класс Проход? Этот класс содержал бы в качестве поля динамический массив объектов класса Акт. Класс Узор содержал бы динамический массив объектов класса Проход либо динамический линейный список объектов этого класса. Второе представляется более интересным решением, поскольку при формировании рисунка в программе заранее неизвестно, сколько проходов в нем будет, они добавляются последовательно. Это позволит удобно фиксировать текущие изменения в объекте. Тем не менее имеет право на существование и второй вариант: формирование рисунка осуществляется в одном из визуальных компонентов, предоставляемых средой разработки; когда пользователь сочтет, что результат удовлетворяет его, то дает команду

"сохранить узор". На этой стадии количество проходов в раппорте уже известно, что позволит выделить в нужном количестве память под динамический массив. Плюсами второго пути является упрощение программного кода и некоторое ускорение работы программы, поскольку сохранение текущего состояния будет осуществляться не постоянно и автоматически, а периодически по желанию пользователя. Существует и третий, альтернативный, путь – двумерный динамический массив объектов класса Акт непосредственно в составе полей класса Узор с периодическим считыванием состояния рисунка по желанию пользователя. Анализ показал, что единственная полезная особенность класса Проход – это возможность использования динамического списка, однако специфические характеристики проходов на данном этапе выявлены не были. Поэтому от введения этого класса в систему решено было отказаться. Таким образом, одно из полей класса Узор – двумерный динамический массив объектов класса Акт. Размерности этого массива – число дощечек и количество проходов, о них говорится ниже.

Нетрудно заметить, что сама по себе инструкция, которая хранится в массиве объектов Акт, информации о цветах и их последовательности не содержит. Но полноценное описание узора должно включать и эти данные, то есть характеристику заправки, на основе которой выполняется узор. Необходимо связать класс Узор с классом Заправка. Какой должна быть эта связь? Вариантов два: либо агрегирование, либо наследование. При первичном описании класса Узор выбрано наследование. Основания для этого были следующие. Прежде всего, это позволит исключить дублирование полей, что существенно упростит процесс программирования и минимизирует возможность конфликта. Также наследование дает возможность реализовать динамический полиморфизм, а именно: если объявить соответствующие методы виртуальными, в ходе работы над рисунком пользователь сможет выбирать как просто заправку, так и узор. При со-

здании класса Узор путем наследования от класса Заправка автоматически решается проблема определения количества дощечек, применяемых для создания рисунка: оно наследуется из родительского класса.

Решение о создании класса Узор путем наследования от класса Заправка потребовало скорректировать последний, а именно определить ряд его методов как виртуальных (virtual).

Для создания двумерного динамического массива объектов класса Акт в классе Узор должно быть предусмотрено также поле, предназначенное для хранения количества проходов. Это целочисленное значение, оно считывается из визуального компонента, в котором отрисован эскиз, когда пользователь обращается к команде "сохранить узор". После этого в необходимом количестве выделяется память под массив и в него считывается последовательность действий (актов), приводящих к получению данного рисунка. Цвета при этом считывать не потребуется, поскольку узор создается на базе уже готовой заправки, полную информацию о которой экземпляр узора унаследовал от класса-родителя.

Класс Узор содержит в числе полей двумерный динамический массив, следовательно, должны быть явно определены конструктор по умолчанию, конструктор копии, деструктор и перегрузка оператора присваивания. Среди методов отметим виртуальные функции сохранения заправки в файл и загрузки ее в программу из файла.

В ходе расширения функционала программы потребовалось внести добавления в первичное описание класса Узор. Дело в том, что в ходе ткачества заправка может претерпевать изменения, например, мастер может изменить наклон тех или иных дощечек либо осуществить их переброс. Все это влияет на результирующий рисунок. Однако первоначальная заправка должна оставаться неизменной, это своего рода точка отсчета, обеспечивающая возможность отката. Если смену направления мы фиксируем в объекте класса Акт, то перестановку дощечек таким образом мы запомнить не можем. Перестановка дощечек соотносится с проходом, в связи с этим

возникла мысль все-таки реализовать этот класс. Но он должен оперировать количеством дощечек, которое уже определено в классе Заправка, причем наследовать класс Проход от класса Заправка не представляется возможным. Это еще раз подтвердило правильность отказа от данного класса. А для фиксации переброса дощечек в классе Узор было предусмотрено специальное поле – строка изменений (либо динамический массив строк изменений по каждому проходу). Парсинг строки позволяет считать информацию о том, в какой момент и какие именно дощечки были переставлены.

Но, наряду с сохранением в "протокол", программа строит рисунок на основе текущего состояния заправки, а оно может быть отлично от первоначального. В связи с этим в класс Узор введено еще одно поле – объект класса Заправка (агрегирование), предназначенное для хранения текущего состояния заправки. На старте (при создании объекта класса Узор) текущая заправка представляет собой копию базовой заправки. Текущая заправка в файл не сохраняется и, соответственно, из файла не считывается. При загрузке Узора из файла она реконструируется по информации, хранимой в строках изменений и в объектах класса Акт.

Разработанная система классов представлена на рис. 1.

Визуализацию процесса ткачества в программе, как и интерфейс, целесообразно реализовать с помощью встроенных визуальных компонентов, предоставляемых средой разработки. Визуальные компоненты и прочие объекты среды построены на основе объектно-ориентированного подхода и в случае необходимости могут быть доработаны с учетом требований к создаваемому программному продукту. Однако основная задача программиста здесь – прописать взаимодействие между разработанными им классами и применяемыми визуальными компонентами. Если упомянутые выше методы классов являются в основном универсальными, то тут потребуются сугубо специфические методы, ориентированные на конкретный инструмент.

```
//-----
class Tabl //Класс Дощечка
{
    // Наклон дощечки
    // Количество отверстий в дощечке
    // Динамический массив цветов (ниток)
    // Активная позиция 1 (ближняя верхняя)
public:
    // Прототипы конструкторов и деструктора
    // Прототипы перегрузок операций и методов
};
//-----
class Zaprav //Класс Заправка
{
protected:
    // Количество дощечек
    // Динамический массив объектов класса Tabl
public:
    // Прототипы конструкторов и деструктора
    // Прототипы перегрузок операций и методов
};
//-----
class Act //Класс Акт
{
    // Угол поворота дощечки
    // Текущий наклон дощечки
public:
    // Прототипы конструкторов
    // Прототипы перегрузок операций и методов
};
//-----
class Uzor: public Zaprav //Класс Узор
{
    // Количество проходов
    // Динамический массив объектов класса Act
    // Динамический массив строк изменений
    // Указатель на объект класса Zaprav
public:
    // Прототипы конструкторов и деструктора
    // Прототипы перегрузок операций и методов
};
//-----
```

Рис. 1

Объявление объектов либо указателей на объекты разработанных классов осуществляется в зависимости от особенностей среды разработки, например, по методу агрегирования в классе, описывающем главную форму проекта.

Заключение

На основе рассмотренной выше системы классов разработана программа, имитирующая процесс ткачества на дощечках с числом отверстий от 2 до 8, позволяющая создавать корректные эскизы и инструкции для их реализации в конкретных изделиях, дающая возможность сохранять результаты работы в файле и считывать их из файла. Программа поддерживает разнообразные техники ткачества на дощечках.

Ручное ткачество на дощечках привлекает людей к истории, воспитывает уважение к своим корням, развивает эстетическое чувство, пространственное мышление и творческие способности, оно прочно заняло место в списке популярных хобби во всем мире.

Приложение будет полезно мастерам, работающим в этой технике, значительно упрощая проектирование ткацких узоров и сокращая временные затраты. Описанная в статье система классов может служить ядром при создании приложений, ориентированных на иные техники ткачества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молчанова Л.А. Удмуртская одежда в народных обрядах // Ежегодник финно-угорских исследований. 2020. Т. 14. № 1. С. 131...137.
2. Баранкевич И.А. Закономерности процесса изготовления костюма в контексте народных представлений восточных славян // Культурная жизнь Юга России. Приложение. 2015. № 1(1). С. 149...153.
3. Третьякова А.Е., Глинкина Е.Т., Сафонов В.В. Исследование и реставрация женской рубахи XIX в. из Тверской губернии // Вестник славянских культур. 2022. № 64. С. 279...291.
4. Зуйкова С.А., Привалов И.В. Значение пояса и платка в русском традиционном костюме: христианская символика и народное осмысление // Культурологический журнал. 2017. №2 (28).
5. Попова Е.А. Фиолетовая гамма в палитре испанского языка: нюансы дополнительной семантики // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки. 2022. № 3(858). С. 75...82.
6. Корнеева Е.Н. Профессиональные компетенции в обучении художественной обработке текстильных материалов (на материале ручного ткачества) // Наука и школа. 2017. № 6. С. 119...124.
7. Молотова Л.Н., Соснина Н.Н. "Русский народный костюм", в картонном футляре, бумага, печать, "Художник РСФСР", Ленинград, СССР, 1984 г.
8. Мордовский народный костюм: альбом / сост. Т.П. Прокина, М.И. Сурина. Саранск: Мордовское книжное издательство, 1990.
9. Петров И.Г. Чувашский народный костюм. Рецензия на монографию В.В. Николаева, Г.Н. Иванова-Оркова, В.П. Иванова "Чувашский костюм от древности до современности" // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2003. Т. 8. № 2. С. 88...90.
10. Болдырева В.В., Лизина Д.Б. Калмыцкий традиционный женский костюм // Молодой ученый. 2016. № 26 (130). С. 751...753.
11. Султанова А.И. История башкирского национального костюма // Молодой ученый. 2016. № 26 (130). С. 773...775.
12. Печняк В.А. Русский пояс. – URL: https://ruvera.ru/russkij_pojas
13. Молотова Т.Л. Марийский народный костюм. – URL: <https://www.perunica.ru/tradicii/4818-molotova-tl-mariyskiy-narodnyy-kostyum-1992-pdf-rus.html>

14. Панова С.А., Нагаева Е.И., Кириллова А.В., Панов И.Н. Влияние тренировки мелкой моторики на психофизиологические показатели детей с задержкой психического развития // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. 2009. Т. 22 (61). № 4. С. 122...127.
15. Ефремов Д.Е., Толубеева Г.И. Теория переплетений. Ч. 1. Главные и производные переплетения. Иваново: ИГТА, 2007.
16. Лунд-Иверсен Б. Ткацкие переплетения / Б. Лунд-Иверсен. М.: Легпромбытиздат, 1987.
17. Цветкова Н.Н. Текстильное материаловедение. СПб.: Изд-во "СПбКО", 2011.
18. Казарновская Г.В., Абрамович Н.А., Самутина Н.Н. Автоматизированные методы проектирования ремизных и жаккардовых тканей. Витебск: ВГТУ, 2014.
19. Guntram's Tablet weaving Thingy – URL: <http://guntram.co.za/tabletweaving/gtt.htm>
20. The Loomy Bin – URL: <http://www.theloomybin.com/index.html>

REFERENCES

1. Molchanova L.A. Udmurt clothes in folk rites / L.A. Molchanova // Yearbook of Finno-Ugric Studies. 2020. Т. 14. № 1. С. 131...137.
2. Barankevich I.A. Laws of the process of manufacture of a suit in a context of national representations of east Slavs / I. A. Barankevich // Cultural life of the South of Russia. Appendix. 2015. № 1(1). С. 149...153.
3. Tretyakova A.E. Research and restoration of a woman's shirt of the XIX V. From the Tver province / A.E. Tretyakova, E.T. Glinkina, V.V. Safonov // Bulletin of Slavic cultures. 2022. № 64. С. 279...291.
4. Zuykova S.A., Privalov I. The meaning of the belt and shawl in the Russian traditional costume: Christian symbolism and folk comprehension // Journal of Culture. 2017. №2 (28).
5. Popova E.A. The purple range in the palette of the Spanish language: nuances of additional semantics / E. A. Popova // Bulletin of the Moscow State Linguistic University. Humanities. 2022. № 3(858). С. 75...82.
6. Korneeva E.N. Professional competences in teaching artistic processing of textile materials (on the material of hand weaving) / E.N. Korneeva // Science and School. 2017. № 6. С. 119...124.
7. Molotova L.N., Sosnina N.N. "Russian folk costume", in a cardboard case, paper, print, "Artist of the RSFSR", Leningrad, USSR, 1984.
8. Mordovian Folk Costume: Album / compilers: T.P. Prokina, M.I. Surina. Saransk: Mordovian Book Publishing House, 1990. 384 с.
9. Petrov I.G. Chuvash folk costume. V.V. Nikolaev, G.N. Ivanov-Orkov and V. P. Ivanov's monograph "Chuvash Costume from Ancient to Modern Times" / I.G. Petrov // Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan. 2003. Т. 8. № 2. С. 88...90.

10. *Boldyreva V.V.* Kalmyk traditional female costume / V.V. Boldyreva, D.B. Lizinova // Young scientist. 2016. № 26 (130). С. 751...753.
11. *Sultanova A.I.* History of Bashkir national costume / A.I. Sultanova // Young scientist. 2016. № 26 (130). С. 773...775.
12. *Pechnyak V.A.* Russian belt - URL: https://ruvera.ru/russkij_pojas
13. *Molotova T.L.* Mari folk costume - URL: <https://www.perunica.ru/tradicii/4818-molotova-tl-mariyskiy-narodnyy-kostyum-1992-pdf-rus.html>
14. *Panova S.A., Nagaeva E.I., Kirillova A.V., Panov I.N.* The influence of training of fine motor skills on psychophysiological indicators of children with mental retardation / S.A. Panova, E.I. Nagaeva, A.V. Kirillova, I.N. Panov // Scientific Notes of VernadskyTavrida National University. Series: Biology, Chemistry. 2009. Т. 22 (61). № 4. С. 122...127.
15. *Efremov D.E., Tolubeeva G.I.* Theory of weaves. Part 1. Main and derivative weaves. Ivanovo: Ivanovo State Textile Academy, 2007. 33 с.
16. *Lund-Iversen B.* Weaving Interlaces / B. Lund-Iversen. М.: Legprombytizdat, 1987. 104 с.
17. *Tsvetkova N.N.* Textile materials science: Textbook / N.N. Tsvetkova. St. Petersburg: Publishing House "SPbCO", 2011. 72 с.
18. *Kazarnovskaya G.V.* Automated methods of designing remise and jacquard fabrics: monograph / G.V. Kazarnovskaya, N.A. Abramovich, N.N. Samutina; EE "VGТУ". Vitebsk, 2014. 262 с.
19. Guntram's Tablet weaving Thingy - URL: <http://guntram.co.za/tabletweaving/gtt.htm>
20. The Loomy Bin - URL: <http://www.theloomybin.com/index.html>

Рекомендована кафедрой информационных систем Государственного университета управления. Поступила 26.01.23.

УДК 666.972.16:66.018.8

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_218

**ИЗМЕНЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**CHANGING THE BEARING CAPACITY OF BUILDING STRUCTURES
OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY ENTERPRISES**

В.Е. РУМЯНЦЕВА^{1,2}, И.В. КРАСИЛЬНИКОВ¹, И.А. КРАСИЛЬНИКОВА³, У.А. НОВИКОВА⁴, К.Б. СТРОКИН⁴

V.E. RUMYANTSEVA^{1,2}, I.V. KRASILNIKOV^{2,3}, I.A. KRASILNIKOVA⁴, U.A. NOVIKOVA⁵, K.B. STROKIN⁵

¹Ивановский государственный политехнический университет,
²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
³Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
⁴Сахалинский государственный университет)

(Ivanovo State Polytechnic University,
²Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense,
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,
³Vladimir State University,
⁴Sakhalin State University)

E-mail: varrym@gmail.com; korasb@mail.ru; irinanebukina@rambler.ru;
uliana.a.novikova@gmail.com; strokin07@rambler.ru

В данной публикации демонстрируются результаты исследований, позволившие прогнозировать изменение прочностных характеристик строительных конструкций, учитывающих особенности агрессивной среды на предприятиях текстильной и легкой промышленности. Описано влияние "свободного гидроксида кальция" на устойчивость минералов цементного камня, показано относительное изменение прочности бетона в зависимости от безразмерной концентрации гидроксида кальция. Представлены необходимые уравнения для выполнения расчетов по прогнозированию изменения прочностных характеристик строительных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных газовых средах.

This publication demonstrates the results of research that made it possible to predict changes in the strength characteristics of building structures that take into account the characteristics of the aggressive environment at textile and light industry enterprises. The effect of "free calcium hydroxide" on the stability of cement stone minerals is described, the relative change in the strength of concrete depending on the dimensionless concentration of calcium hydroxide is shown. The necessary equations for performing calculations for predicting changes in the

strength characteristics of building structures operated in aggressive gas environments are presented.

Ключевые слова: газовая коррозия, долговечность, массоперенос, метод "микропроцессов", безразмерные переменные, цементный бетон.

Keywords: gas corrosion, durability, mass transfer, the method of "micro-processes", dimensionless variables, cement concrete.

Современные рыночные условия требуют повышения эффективности и капиталоотдачи всех инвестиционных проектов на всех этапах жизненного цикла, в том числе строительства и реконструкции предприятий текстильной и легкой промышленности [1].

Общая стоимость недвижимости предприятий текстильной и легкой промышленности складывается не только из затрат непосредственного ее возведения, но и из стоимостей эксплуатации, ремонта и утилизации. Возникает необходимость в новых методах более точного определения проектной долговечности конструкций.

Проектирование долговечности железобетонных конструкций традиционно основывается на установившихся правилах и требованиях к характеристикам материалов, к качеству их составляющих, к условиям работы конструкции с учетом требований, отраженных в действующих отечественных нормативных документах и ряде документов зарубежных стран. Очевидна естественная связь между качеством сооружения и его сроком службы [2, 3].

Основным подходом, определяющим жизненный цикл зданий и сооружений в целом, является безотказность работы конструкций, сохранность проектных эксплуатационных свойств в течение определенного срока службы. Несмотря на то, что в Техническом регламенте "О безопасности зданий и сооружений" (ФЗ № 384) прямо упоминается необходимость такого подхода, нормативная и доказательная база его в Российской Федерации пока не разработана, что затрудняет переход на применение инновационной продукции и заключение контрактов с учетом "жизненного цикла" в рамках государственно-частного партнерства [4], [5].

Жизненный цикл объектов строительства определяется периодом поддержания запроектированных механических, физических и химических свойств, обеспечивающих безотказность работы строительных конструкций.

В аспекте прогнозирования долговечности конструкции предприятий текстильной и легкой промышленности, по нашему мнению, можно разделить на условные группы:

- конструкции, расположенные ниже уровня технологического оборудования (полы, перекрытия), подвергаются периодическому воздействию проливов технологических растворов, представляющих собой сильноагрессивные растворы кислот и щелочей;

- конструкции, расположенные в грунте (фундаменты, подвалы, каналы), подвергаются воздействию грунтовых вод, насыщенных технологическими растворами;

- конструкции основного каркаса зданий (колонны, ригели, балки, фермы), подверженные воздействию газовой среды с повышенной влажностью, содержащей аэрозоли серной кислоты или хлор;

- ограждающие конструкции (конструкции фонарей, покрытия, стеновые ограждения), подверженные внутри здания воздействию газовых сред с высокой влажностью, обуславливающей выпадение конденсата, и снаружи здания периодическому действию осадков;

- второстепенные конструктивные элементы, предназначением которых является защита от воздействия воды основных конструкций (отмостки, козырьки).

Кроме промышленных зданий на предприятиях текстильной и легкой промышленности существует ряд сооружений, которые ввиду своего основного назначения

находятся в постоянном контакте с жидкостями, вызывающими жидкостную коррозию бетона: резервуары, сооружения канализации и водоочистки и т.п. Отметим, что расчеты долговечности конструкций, подверженных жидкостной коррозии бетона, в том числе и на предприятиях текстильной и легкой промышленности, приведены нами в работах [2...4], [6], [7].

Анализ результатов натуральных обследований, проектных материалов и экспертный опрос специалистов позволяет заключить, что интенсивному воздействию агрессивных, в том числе хлоридсодержащих, сред подвергается до 75 % инженерных конструкций предприятий текстильной промышленности [6].

Крашение текстильных изделий (ткани, пряжа, волокно, трикотаж, швейные нити) является одним из основных этапов производства текстильной продукции. В процессе мокрой обработки тканей используются растворы кислот, окислителей и органических веществ. Наличие большого числа циклов влажно-тепловых обработок (пропитка, запаривание, промывка, сушка и т.д.) приводит к циклическому изменению температурно-влажностного режима цеха.

В табл. 1 приведены характеристики воздушной среды цехов отделочного производства предприятий текстильной промышленности [7] (представлена лишь часть наименования агрессивных газов, необходимая для определения степени агрессивности среды).

Т а б л и ц а 1

Температура, °С		Относительная влажность, %		Агрессивные газы, пары, аэрозоли, пыль	
в рабочей зоне	под потолком	в рабочей зоне	под потолком	Наименование	Концентрация, мг/м ³
16...26	18...30	50...75	55...80	Углекислый газ	до 20,0
				Аммиак (NH ₃)	0,5...50,0
				Сернистый ангидрид (SO ₂)	0,5...10,0
				Сероводород (H ₂ S)	2,0...5,0
				Окислы азота (NO, NO ₂)	0,3...18,0
				Хлор (Cl ₂)	0,1...20,0
				Хлористый водород (HCl)	до 5,0
				Пыль красителей	следы

Согласно Приложениям Б, Р и Х СП 28.13330.2012 "Защита строительных конструкций от коррозии" газовые среды помещений с влажным режимом эксплуатации и концентрациями газов, представленными в табл. 1, являются средне- и сильно-агрессивными для железобетонных и стальных конструкций, слабо- и среднеагрессивными для деревянных конструкций.

Взаимодействие газовых агрессивных сред с бетоном представляет собой гетерогенный физико-химический процесс, протекающий между газом и твердым пористым телом – бетоном [8...12]. Данный процесс сопровождается следующими этапами или подпроцессами, протекающими последовательно и(или) параллельно:

- диффузия газа из объема окружающей газовой среды к поверхности бетона;
- массоперенос газа вглубь бетона по порам и капиллярам, заполненным воздухом;

- растворение газа в жидкой фазе пор бетона с образованием кислоты;

- диффузия раствора образовавшейся кислоты в жидкой фазе порового пространства бетона;

- химическое взаимодействие кислоты с гидроксидом кальция с последующим образованием соли;

- диффузия гидроксида кальция в зону химических реакций;

- кристаллизация образовавшихся солей из раствора.

Общая схема моделируемых процессов показана на рис. 1.

На рисунке и в последующих выражениях обозначено: $C_{Ca(OH)_2}(x, \tau)$ – концентрация гидроксида кальция в поровой структуре бетона в момент времени τ в произвольной точке с координатой x , кг Ca(OH)₂/кг бетона; $C_{A, \text{воз.}}$ – концентрация агрессивного газа в воздухе, кг/м³; $C_{A, \text{бет.}}(x, \tau)$ – распре-

деление концентраций кислоты (агрессивного компонента – АК), образовавшейся в результате растворения газа в жидкой фазе пор бетона, кг АК / кг бетона; $C_{A,p}$ – равновесная концентрация агрессивного компонента на поверхности бетона, кг АК / кг бетона. При моделировании процесса будем считать, что жидкости в порах бетона на поверхности достаточно для растворения газа в ней и образования кислоты, которая в дальнейшем будет диффундировать в теле бетона и вступать в химическое взаимодействие с гидроксидом кальция.

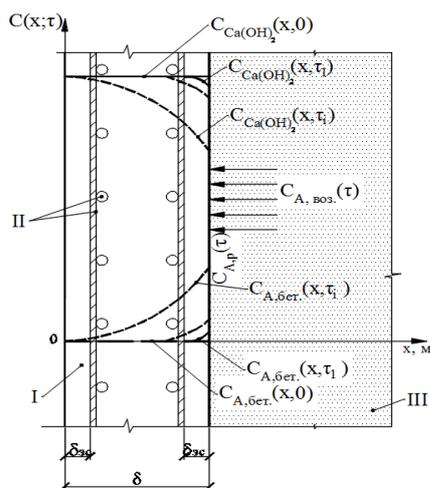


Рис. 1

Исходя из вышесказанного, математическая модель процесса коррозии для системы "железобетон – воздушная агрессивная среда" должна включать в себя совокупность аналитических решений распределения полей концентраций агрессивного компонента (кислоты, образовавшейся в результате растворения газа в жидкой фазе пор бетона) $C_{A, \text{бет}}(x, \tau)$ и гидроксида кальция $C(x, \tau)$. Поглощение (выделение) в результате химического взаимодействия данных компонентов в уравнениях массопереноса учитывается внутренним источником выделения (поглощения) массы и определяется химической кинетикой [11]. Потoki массы гидроксида кальция на границах взаимодействия с воздушной окружающей средой отсутствуют.

Взаимосвязь между равновесной концентрацией агрессивного компонента на поверхности бетона и концентрацией

агрессивного газа в воздухе определяется на основании уравнений равновесия [13].

Коррозия бетона почти всегда начинается с цементного камня, стойкость которого обычно меньше, чем каменных заполнителей. Цементный камень состоит из соединений, образовавшихся в процессе его твердения [16]. В нем содержатся также негидратированные зерна цемента, так как гидратация наиболее крупных частиц, развивающаяся от поверхности, вглубь этих частиц идет медленно и практически может не закончиться даже через несколько лет или десятилетий. Кроме того, в цементном камне имеются открытые и закрытые поры и капиллярные ходы, заполненные воздухом или водой. Таким образом, затвердевший цемент представляет собой микроскопически неоднородную систему. В цементном камне всегда имеется в большем или меньшем количестве свободная известь, образующаяся главным образом при частичном гидролизе трехкальциевого силиката [15].

Все минералы цементного камня поддерживают стабильное существование только в растворах гидроксида кальция определенных концентраций [15], [17]. Концентрации гидроксида кальция, необходимые для поддержания стабильного существования минералов цементного камня на вяжущем из простого портландцемента, приведены в табл. 2.

Как видно по табл. 2, вначале гидролизу и разрушению подвергаются высокоосновные соединения, получаемые на основе трехкальциевого и двухкальциевого силикатов, составляющих большую часть цементного камня. Выход из устойчивого положения структуры цементного камня начинается уже при малейшем снижении концентрации "свободного гидроксида кальция" в растворе пор бетона, так как самый неустойчивый из гидросиликатов, образующихся при гидратации цемента, – белит, существование которого возможно только в насыщенном растворе гидроксида кальция [15]. А дальнейшее снижение концентрации гидроксида кальция на 15 % спровоцирует начало разложения минерала, занимающего наибольший объем цементного камня – алита.

Минерал цементного камня	Химическая формула	Содержание в цементном камне, %	Граничные значения равновесной концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$, мг/л (в пересчете на CaO)	
			от	до
Трехкальциевый силикат (алит)	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	37 - 60	1100	1290
Двухкальциевый силикат (белит)	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	15 - 37	1290	1290
Однокальциевый силикат	$\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$	2 - 5	310	520
Четырехкальциевый алюминат	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$	0,1 - 4	1060	1080
Трехкальциевый алюминат	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	7 - 15	415	560
Двухкальциевый алюминат	$2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,1 - 4	160	360
Четырехкальциевый гидроферрит (целит)	$4\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$	1 - 8	1060	1290
Двухкальциевый гидроферрит	$2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot \text{H}_2\text{O}$	0,5 - 6	640	1060
Гидросульфалюминат кальция	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\times\times 3\text{CaSO}_4\cdot 30\text{H}_2\text{O}$	0,1 - 2	45	1290

По мере постепенного снижения концентрации гидроксида кальция в растворе, соприкасающемся с цементным камнем, происходит разрушение (гидролиз) гидросиликатов. В результате гидролиза гидросиликатов в раствор, находящийся в порах бетона, выделяется гидроксид кальция [15], [18]. Таким образом, при дальнейшем снижении концентрации гидроксида кальция в растворе пор бетона силикаты полностью разрушаются. Однако задолго до этого цементный камень, а значит, и бетон теряют значительную часть механической прочности и разрушаются. По данным профессора В.М. Москвина, после удаления из цемента 20 % CaO (от его общего содержания) происходит потеря прочности на 20 % от исходной, а при потере 30 % CaO механическая прочность снизится до 33 % от первоначальной, что, скорее всего, приведет к полному разрушению конструкции.

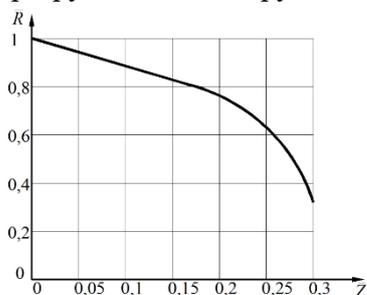


Рис. 2

Изменение безразмерной прочности цементного камня в зависимости от безразмерной концентрации гидроксида кальция при выщелачивании показано на рис. 2 [12]. Безразмерные координаты введены ввиду особенностей разработанных физико-математических моделей массопереноса коррозии бетона в жидких агрессивных средах.

Для удобства использования полученных данных можно провести их аппроксимацию любой математической функцией. Наиболее простым вариантом нелинейной математической функции является парабола. В таком случае для определения математической зависимости необходимо решить систему уравнений с тремя неизвестными [16], [17]:

$$\begin{cases} 1 = a \cdot 0^2 + b \cdot 0 + c \\ 0,8 = a \cdot 0,2^2 + b \cdot 0,2 + c \\ 0,33 = a \cdot 0,3^2 + b \cdot 0,3 + c \end{cases} \quad (1)$$

Решив систему уравнений (1), получаем аналитическое уравнение, описывающее взаимосвязь безразмерной концентрации удаленного массообменными процессами из структуры бетона гидроксида кальция с относительной прочностью бетона:

$$\bar{R} = \frac{R}{R_0} = -12,3\bar{Z}^2 + 1,47\bar{Z} + 1. \quad (2)$$

Полученные данные можно использовать в реальных практических расчетах при прогнозировании изменения несущей способности железобетонных конструкций. Уравнение (2) имеет возможность совместного применения с физико-математическими моделями, прогнозирующими изменение в структуре пор бетона гидроксида кальция, и в совокупности они могут быть использованы для создания имитационных моделей жизненного цикла строительных конструкций при их эксплуатации в окружающей среде различной степени агрессивности.

Согласно теории массопереноса А.В. Лыкова в общем случае для коррозии первого и второго вида диффузия "свободного гидроксида кальция" в пористой структуре бетона описывается нелинейным дифференциальным уравнением массопроводности параболического типа с источником членом [19], [20]:

$$\frac{\partial C(x,\tau)}{\partial \tau} = \text{div}[k(x,\tau)\text{grad}C(x,\tau)] + \frac{q_v(x,\tau)}{\rho_{\text{бет}}}, \quad (3)$$

где $k(x,\tau)$ – коэффициент массопроводности (диффузии), изменяющийся по толщине стенки по заданному математическому закону от координаты и времени, $\text{м}^2/\text{с}$; $C(x,\tau)$ – распределение концентраций "свободного гидроксида кальция" в бетоне в момент времени τ в произвольной точке с координатой x , $\text{кг Са(ОН)}_2/\text{кг}$ бетона; $q_v(x,\tau)$ – мощность объемного источника массы вследствие химических или фазовых превращений, $\text{кг Са(ОН)}_2/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$; $\rho_{\text{бет}}$ – плотность бетона, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Уравнение массопроводности в виде (3) позволяет производить расчеты при изменяющихся по времени и координате параметрах процесса: коэффициентах массопроводности и массоотдачи, мощности объемного источника массы вследствие фазовых и химических превращений, что

очень важно для большинства практических расчетов физической картины процессов массопереноса и конечных результатов расчетов. Одно из решений гетерогенного физико-химического процесса массопереноса в структуре бетона железобетонных конструкций, эксплуатируемых в газовой среде, приведено в работе [14].

Диффузия агрессивных компонентов и "свободного гидроксида кальция" обязательно сопровождается их химическим взаимодействием. Такое взаимодействие, помимо снижения содержания "свободного гидроксида кальция" в зоне химических реакций, вызывает его диффузию из зон с большей концентрацией в зоны с меньшей концентрацией [21].

Расчет полей концентраций "свободного гидроксида кальция" можно проводить методом микропроцессов. При этом между микропроцессами можно изменять распределение мощности источника объемного выделения (поглощения) гидроксида кальция по толщине конструкции и значению коэффициента массопроводности [22]. В рамках каждого микропроцесса считаем коэффициент массопроводности постоянным, а мощность объемного выделения (поглощения) агрессивного компонента вследствие фазовых и химических превращений описываем определенной математической функцией. Математически задача массопереноса "свободного гидроксида кальция" в капиллярно-пористой структуре бетона при газовой коррозии аналогична модели жидкостной коррозии бетона второго вида с отличием на границах взаимодействия с агрессивной окружающей средой [23]. При газовой коррозии отсутствует поток массы "свободного гидроксида кальция" в окружающую среду. В таком случае динамика массопереноса "свободного гидроксида кальция" по толщине конструкции будет описана уравнением:

$$\begin{aligned}
Z(\bar{x}, Fo_m) = & \int_0^1 Z_0(\xi) d\xi + 2 \sum_{m=1}^{\infty} \cos(\mu_m \bar{x}) \exp(-\mu_m^2 Fo_m) \int_0^1 Z_0(\xi) \cos(\mu_m \xi) d\xi - \\
& - 2 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\cos(\mu_m \bar{x})}{\mu_m^2} \exp(-\mu_m^2 Fo_m) \int_0^1 Po_m^*(\xi) \cos(\mu_m \xi) d\xi + \\
& + \left(Fo_m + \frac{3\bar{x}^2 - 1}{6} \right) \int_0^1 Po_m^*(\xi) d\xi + \frac{1}{2} \int_0^1 Po_m^*(\xi) (1-\xi)^2 d\xi.
\end{aligned} \tag{4}$$

где $Fo_m = k \tau / \delta^2$ – массообменный критерий подобия Фурье; $Po_m^* = q_v \delta^2 / C_0 k_{бет}$ – модифицированный массообменный критерий подобия Померанцева.

Для определения изменения прочности бетона при эксплуатации конструкций перекрытия отбельного цеха отделочного производства тканей считаем, что воздушная среда содержит Cl_2 концентрации 10 мг/м^3 при относительной влажности воздуха 80%. При этом, как показано в работе [14], сначала рассчитывались поля концентраций агрессивного компонента, затем в зависимости от концентраций Cl_2 в поровой структуре бетона пересчитывалась мощность внутреннего источника массы. Результаты расчетов приведены на рис. 3 (изменение полей концентраций "свободного гидроксида кальция" в безразмерных переменных через 1 – 2 года, 2 – 10 лет, 3 – 20 лет; 4 – 30 лет; 5 – 40 лет эксплуатации).

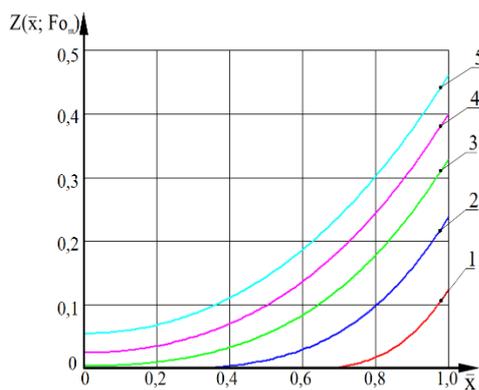


Рис. 3

Полученное выражение (2) позволяет проследить относительное изменение прочности бетона и во времени, и по толщине конструкции. Результаты расчетов приведены на рис. 4 (относительное изменение прочности бетона по толщине кон-

струкции через 1 – 2 года, 2 – 10 лет, 3 – 20 лет; 4 – 30 лет; 5 – 40 лет эксплуатации).

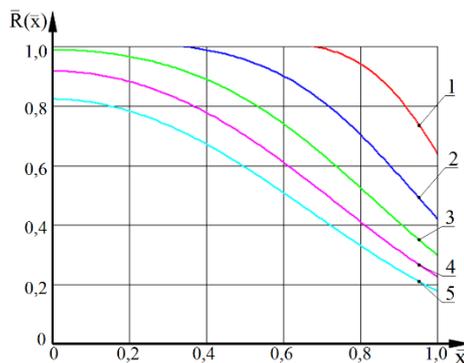


Рис. 4

Расчеты показывают значительное снижение прочности бетона в области, близкой к границе раздела фаз "бетон-воздушная агрессивная среда". Используя в совокупности выражения (2) и (3), можно построить кинетические кривые изменения концентраций "свободного гидроксида кальция" и прочности бетона, определив для этого необходимую координату [24]. Проследим кинетику процесса на поверхности конструкции, взаимодействующей с агрессивной средой, а также на границе защитного слоя арматуры.

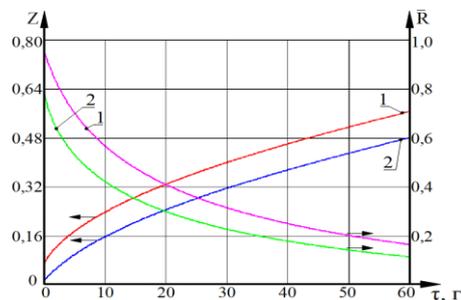


Рис. 5

Результаты данных расчетов приведены на рис. 5 (кинетические кривые изме-

нения концентрации "свободного гидроксида кальция" и прочности бетона: 1 – на границе раздела фаз; 2 – на границе защитного слоя).

Результаты расчетов показывают, что уже через 10 лет эксплуатации прочность рассматриваемых сечений снизится практически в 2 раза, а через 60 лет эксплуатации будет составлять менее 20% от проектной.

ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ проблемы долговечности бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивной среде предприятий текстильной и легкой промышленности.

2. Установлено, что наибольшие значения концентраций агрессивных веществ в воздухе достигаются в отделочных цехах.

3. Получены аналитические зависимости изменения относительной прочности бетона от концентрации "свободного гидроксида кальция" в жидкости пор бетона (2), которая, в свою очередь, нестационарна и изменяется по уравнению (3) при взаимодействии "свободного гидроксида кальция" с агрессивными компонентами.

4. Приведен пример расчета изменения несущей способности бетона при эксплуатации конструкции в отбельном цехе отделочного производства тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Федосов С.В., Матвеева Н.Ю., Красильников И.В., Андреева О.Р., Летиция Гарсия Крус, Давид Валеро, Висенте Монтиэль, Иисус Иньеста. Инженерный и экономический анализ энергосберегающих мероприятий / под общей ред. Федосова С.В. Тамбов: Изд-во ИП Першина Р.В., 2014.

2. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Логинова С.А. Исследование влияния процессов массопереноса на надежность и долговечность железобетонных конструкций, эксплуатируемых в жидких агрессивных средах // Строительные материалы. 2017. № 12. С. 52...57.

3. Степанова В.Ф., Розенталь Н.К., Чехний Г.В., Баев С.М. Определение коррозионной стойкости торкрет-бетона как защитного покрытия бетонных и железобетонных конструкций // Строительные материалы. 2018. № 8. С. 69...73.

4. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Федосова Н.Л. Исследование диффузионных процессов массопереноса при жидкостной коррозии первого вида цементных бетонов // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. № 1. С. 99-104.

5. Травуш В.И., Гурьев В.В., Дмитриев А.Н., Дорофеев В.М., Волков Ю.С. О концепции развития нормативно-технической базы строительных объектов в период их эксплуатации // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 1. С. 121...133.

6. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Коновалова В.С., Караваев И.В. Определение ресурса безопасной эксплуатации конструкций из бетона, содержащего гидрофобизирующие добавки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 6. С. 268...276.

7. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Красильникова И.А. Исследования физико-химических процессов в системе "цементный бетон – жидкая агрессивная среда" // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 7. С. 61...70

8. Овчинников И.И. Современное состояние проблемы расчета армированных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №2. С. 46...60.

9. Руководство по проектированию антикоррозионной защиты строительных конструкций производственных зданий предприятий текстильной промышленности. М., 1980.

10. Розенталь Н.К. Проблемы коррозионного повреждения бетона // Бетон и железобетон. 2007, №6. С. 55...59.

11. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С. и др. Долговечность железобетона в агрессивных средах. М.: Стройиздат, 1990.

12. Ma H., Cheng X., Li G., Chen S., Ouan Z., Zhao S. and Niu L. The influence of hydrogen sulfide on corrosion of iron under different conditions. Corrosion Science. 2000. Vol. 42. Issue 10. Pp. 1669-1683. [https://doi.org/10.1016/S0010-938X\(00\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0010-938X(00)00003-2)

13. Федосов С.В., Булгаков Б.И., Красильников И.В., Нго Суан Хунг, Танг Ван Лам. Прогноз долговечности береговых сооружений из железобетона // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. № 1. С. 55...63.

14. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Красильникова И.А., Касьяненко Н.С. Гетерогенные физико-химические процессы массопереноса агрессивных веществ в структуре бетона железобетонных конструкций, эксплуатируемых в газовой среде с изменяющимися параметрами // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 4 (45). С. 142...152.

15. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н. и др. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / под общей ред. В.М. Москвина. М.: Стройиздат, 1980.

16. Yang Zhenghong, Li Qiang, Liu Meichen, Xue Nannan, Yu Long, Xu Linglin, Send mail to Xu L.; Wu, Kai. Efflorescence inhibition and microstructure evolution of Portland cement-based artificial stone induced by mineral additives // *Case Studies in Construction Materials*. 2022. Vol. 17. e01509. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01509

17. Zhang Y., Xu M., Song J., Wang Ch., Wang X., Hamad B.A. Study on the corrosion change law and prediction model of cement stone in oil wells with CO₂ corrosion in ultra-high-temperature acid gas wells // *Construction and Building Materials*. 2022, 323, 125879. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.125879

18. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Касьяненко Н.С., Красильников И.В. Теоретические и экспериментальные исследования процессов коррозии первого вида цементных бетонов при наличии внутреннего источника массы // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 44...47.

19. Лыков А.В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. М.: Гостехиздат, 1954.

20. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963.

21. Smirnova N.N., Krasil'nikov I.V. An effect of the nature of immobilized components on the adsorption and mass transfer properties of ultrafiltration membranes based on sulfonate-containing copolyamide // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2019. Т. 92. № 11. С. 1570...1580. DOI: 10.1134/S1070427219110144

22. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Касьяненко Н.С., Красильников И.В. Нестационарный массоперенос в процессах коррозии второго вида цементных бетонов. Малые значения чисел Фурье, с внутренним источником массы // *Изв. вузов. Химия и химическая технология*. 2015. Т. 58. № 1. С. 97...99.

23. Fedosov S., Rumyantseva V., Krasilnikov I., Krasilnikova I. Research of the engagement of liquid aggressive environment and concrete // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Т. 403 LNNS. С. 1362...1370. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_152

24. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Konovalova V.S., Evsyakov A.S. Mathematical modeling of the colmatation of concrete pores during corrosion // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. № 7 (83). С. 198...207. DOI: 10.18720/MCE.83.18

REFERENCES

1. Engineering and economic analysis of energy-saving measures / Aloyan R.M., Fedosov S.V., Matveeva N.Yu., Krasilnikov I.V., Andreeva O.R., Letitia Garcia Cruz, David Valero, Vicente Montiel, Jesus Iniesta; under the general ed. Fedosova S.V. Tambov: Publishing house of IP Per-shinaR.V., 2014. 165 p.

2. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Loginova S.A. Investigation of the influence of mass transfer processes on the reliability and durability of reinforced concrete structures operated in liquid aggressive media // *Construction Materials*. 2017. No. 12. Pp. 52...57.

3. Stepanova V.F., Rosenthal N.K., Chekhov G.V., Baev S.M. Determination of corrosion resistance of

shotcrete as a protective coating of concrete and iron-concrete structures // *Building materials*. 2018. No. 8. Pp. 69...73.

4. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Fedosova N.L. Investigation of diffusion processes of mass transfer during liquid corrosion of the first type of cement concretes // *Izvestia of higher educational institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology*. 2015. Vol. 58. No. 1. Pp. 99...104.

5. Travush V.I. About the concept of development of the regulatory and technical base of construction objects during their operation / Travush V.I., Guryev V.V., Dmitriev A.N., Dorofeev V.M., Volkov Yu.S. // *Academia. Architecture and construction*. 2021. No. 1. Pp. 121...133.

6. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Konovalova V.S., Karavaev I.V. Determination of the resource of safe operation of concrete structures containing hydrophobic additives // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2017. No. 6 (372). Pp. 268...276.

7. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Krasilnikova I.A. Studies of physico-chemical processes in the system "cement concrete – liquid aggressive medium" // *Izv. universities. Chemistry and chemical technology*. 2022. Vol. 65. Issue 7. Pp. 61...70.

8. Ovchinnikov I.I. Current state of the problem of calculation of reinforced structures exposed to aggressive media // *Construction of unique buildings and structures*. 2012. No.2. Pp.46...60.

9. Guidelines for the design of anticorrosive protection of building structures of industrial buildings of textile industry enterprises. М., 1980. P. 89.

10. Rosenthal N.K. Problems of corrosion damage of concrete // *Concrete and reinforced concrete*. 2007. No. 6. Pp. 55-59.

11. Alekseev S.N. Durability of reinforced concrete in aggressive environments / S.N. Alekseev, F.M. Ivanov, S. Modry et al. М.: Stroyizdat, 1990. 320 p.

12. Ma H., Cheng X., Li G., Chen S., Ouan Z., Zhao S. and Niu L. The influence of hydrogen sulfide on corrosion of iron under different conditions. *Corrosion Science*. 2000. Vol. 42. Issue 10. Pp. 1669-1683. [https://doi.org/10.1016/S0010-938X\(00\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0010-938X(00)00003-2)

13. Fedosov S.V., Bulgakov B.I., Krasilnikov I.V., Ngo Xuan Hung, Tang Van Lam. Forecast of durability of shore structures made of reinforced concrete // *Technika i tekhnologiya silicates*. 2022. Vol. 29. No. 1. Pp. 55...63.

14. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Krasilnikova I.A., Kasyanenko N.S. Heterogeneous physico-chemical processes of mass transfer of aggressive substances in the concrete structure of reinforced concrete structures operated in a gas environment with varying parameters // *Modern problems of civil protection*. 2022. No. 4 (45). Pp. 142...152.

15. Moskvina V.M., Ivanov F.M., Alekseev S.N., etc. Corrosion of concrete and reinforced concrete, methods of their protection / Under the general editorship of V.M. Moskvina. М.: Stroyizdat, 1980. 536 p.

16. Yang Zhenghong, Li Qiang, Liu Meichen, Xue Nannan, Yu Long, Xu Linglin, Send mail to Xu L.; Wu, Kai. Efflo-rescence inhibition and microstructure evolu-tion of Portland cement-based artifi-cial stone induced by mineral additives // *Case Studies in Construction Materials*. 2022. Vol. 17. e01509. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01509
17. Zhang Y., Xu M., Song J., Wang Ch., Wang X., Hamad B.A. Study on the corrosion change law and prediction model of cement stone in oil wells with CO2 corrosion in ultra-high-temperature acid gas wells // *Construction and Building Materials*, 2022, 323, 125879. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.125879
18. Fedosov S.V., Rummyantseva V.E., Kasyanenko N.S., Krasilnikov I.V. Theoretical and experimental studies of corrosion processes of the first type of cement concrete in the presence of an internal mass source // *Building materials*. 2013. No. 6. Pp. 44...47.
19. Lykov A.V. Transfer phenomena in capillary-porous bodies. M.: Gostekhizdat, 1954. 296 p.
20. Lykov A.V., Mikhailov Yu.A. Theory of heat and mass transfer. M.; L.: Gosenergoizdat, 1963. 536 p.
21. Smirnova N.N. An effect of the nature of immobilized components on the adsorption and mass transfer properties of ultrafiltration membranes based on sulphonate-containing polyamide / Smirnova N.N., Krasil'nikov I.V. // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2019. Vol. 92. No. 11. Pp. 1570...1580. DOI: 10.1134/S1070427219110144
22. Fedosov S.V. Unsteady mass transfer in corrosion processes of the second type of cement concretes. small values of Fourier numbers, with an internal mass source / S.V. Fedosov, V.E. Rummyantseva, N.S. Kasyanenko, I.V. Krasil'nikov // *Izvestia of Higher educational institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology*. 2015. Vol. 58. No. 1. Pp. 97...99.
23. Fedosov S. Research of the engagement of liquid aggressive environment and concrete / S. Fedosov, V. Rummyantseva, I. Krasilnikov, I. Krasilnikova // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 403 LNNS. Pp. 1362...1370. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_152
24. Fedosov S.V. Mathematical modeling of the colmatation of concrete pores during corrosion / S.V. Fedosov, V.E. Rummyantseva, I.V. Krasilnikov, V.S. Konovalova, A.S. Evsyakov // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No. 7 (83). Pp. 198...207. DOI: 10.18720/MCE.83.18
- Рекомендована кафедрой естественных наук и техносферной безопасности ИВГПУ. Поступила 14.01.23.
-

УДК 687.1: 391:74(575+574)
DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_228

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОСТЮМНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ЛЕЗГИНСКОЙ ГРУППЫ НАРОДОВ**

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF COSTUME COMPLEXES
OF THE LEZGIN GROUP OF PEOPLES**

И.А. ГАДЖИБЕКОВА

I.A. GADZHIBEKOVA

(Дагестанский государственный технический университет)

(Dagestan State Technical University)

E-mail: naina.92@mail.ru

Настоящая работа посвящена описанию и сравнительной характеристике костюмных комплексов лезгинской группы народов, в которую входят лезгины, табасаранцы, рутульцы, цахуры и агулы. Актуальность проведенного исследования обусловлена тем, что внутри этнической группы, включающей несколько народов, имеются локальные особенности, которые касаются не покроя одежды, а главным образом внешней отделки, цвета, длины, способов ношения платья, платка, а также их формы и расцветки. Рассмотрены и проанализированы структурные составляющие костюмных комплексов женщин лезгинской группы народов: верхняя и нательная одежда, поясная одежда, головные уборы, украшения, обувь. Проведен сравнительный анализ конструкций нательной одежды. Выявлены особенности взаимосвязей конструктивных элементов нательной одежды. При исследовании использована методика художественно-конструкторского анализа, разработанная И.Н. Савельевой.

This work is devoted to the description and comparative characteristics of the costume complexes of the Lezgin group of peoples, which includes the Lezgins, Tabasarans, Rutuls, Tsakhurs and Aguls. The relevance of the study is due to the fact that within the ethnic group, which includes several peoples, there are local features that do not relate to the cut of clothing, but mainly to the external finish, color, length, ways of wearing a dress, scarf, as well as their shape and color. The structural components of the costume complexes of women of the Lezghin group

of peoples are considered and analyzed: outerwear and underwear, belt clothing, headdresses, jewelry, shoes. A comparative analysis of underwear designs was carried out. The features of interrelations of constructive elements of underwear are revealed. The study used the technique of artistic and design analysis, developed by I.N. Savelyeva.

Ключевые слова: распашное платье, головной убор, обувь, украшения, дагестанская одежда, конструктивные элементы, сравнительный анализ.

Keywords: swing dress, headdress, shoes, jewelry, Dagestan clothing, structural elements, comparative analysis.

Дагестан – один из прекраснейших уголков России. Республика уникальна своей историей, культурой, традициями, своим населением.

На сравнительно небольшой территории Дагестана проживает около 32 коренных народностей и этнических групп, отличающихся друг от друга по языку и особенностям многовековой материальной и духовной культуры.

Этноязыковой состав населения Дагестана включает аваро-андо-цезскую группу, даргинскую, лезгинскую, тюркскую группы народов, лакцев, русских, горных евреев, чеченцев.

Настоящая статья посвящена одному из важнейших элементов материальной культуры – традиционной одежде народов Дагестана.

Самобытная и многообразная по своим типам традиционная одежда народов Дагестана представляет огромный научный интерес. Изучением народной одежды Дагестана занимались многие ученые, такие, как Л.В. Виноградова, Э.Г. Торчинская, А.Л. Натансон, и другие [1]. Изучены композиционно-конструктивные признаки одежды народов различных этнических групп.

Однако внутри этнической группы, включающей несколько народов, имеются локальные особенности, которые касаются не покроя одежды, а главным образом внешней отделки, цвета, длины, способов ношения платья, платка, а также их формы и расцветки, видов обуви, головных уборов и украшений.

Настоящая работа посвящена описанию и сравнительной характеристике костюм-

ных комплексов лезгинской группы народов, в которую входят лезгины, табасаранцы, рутульцы, цахурцы и агулы.

При исследовании использована методика художественно-конструкторского анализа, разработанная И.Н. Савельевой [2].

Исследовались следующие позиции:

- геометрический вид силуэтной формы;
- силуэтная форма в зависимости от степени прилегания на различных участках фигуры; конструктивные, конструктивно-декоративные членения формы;
- цветовое решение основных и отделочных материалов;
- форма рукава; оформление низа рукава различными способами;
- оформление горловины (с воротником, без воротника); форма горловины; форма воротника;
- оформление застежки и ее отделка; места расположения отделки;
- длина одежды и длина рукава.

Костюмный комплекс женщин лезгинской группы народов, как и любой другой этнической группы, состоит из верхней и нижней одежды, поясной одежды, головных уборов, украшений и обуви [3].

Верхняя одежда женщин лезгинской этнической группы народов представлена шубами и распашным платьем (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в качестве зимней одежды использовались овчинные шубы с длинными ложными и с обычными рукавами, приталенные нагольные овчинные шубы и шубы трапецевидного покроя, без воротника, с отделкой из кожи по линии горловины. Табасаранки шубы не носили. Зимой они носили ту же одежду, что и в

осенне-весенний период, только лиф платья выстегивали ватой. Шубы им заменял

большой платок – шаль.

Т а б л и ц а 1

Зимняя одежда	Описание	Платье	Описание
Лезгинки			
Пальто из шубной овчины с длинными ложными и с обычными рукавами	Накидки с длинными ложными рукавами шили широкими, с меховой отделкой по низу, шалевым воротником из овчины черного цвета. Длина шубы была до икр. Приталенные шубы с обычными рукавами были длиной до икр, сильно расклешенные книзу. Рукав длиной 7/8 обычной ширины.	Верхнее распашное платье валжаг	Отрезное по линии талии. Лиф плотно облегал фигуру. Вырез горловины имел округлую форму. Лиф наглухо застегивался на пуговицы, оставляя распашной юбку. Нижняя часть платья широкая, присборенная по линии талии, выкроенная из 10-12 полотнищ. Длина платья доходила до пят. Рукава кроились до локтя узкими, а ниже – широкими (40-45 см). Платье шили на подкладке, лиф простегивали тонким слоем ваты.
Рутулки			
Длинное пальто из шубной овчины, узкое в талии и расширяющееся книзу, с шалевым воротником и с отделкой из черной ткани на рукавах	Это шубы отрезные по линии талии, с широкой расклешенной юбкой, заложеной в мелкие складочки по линии талии. Шубы были длиной до пят.	Верхнее распашное платье валжаг	Длинное, отрезное по линии талии, с узким лифом и широкой юбкой, с узкими откидными (от локтя вниз) рукавами. Откидные, незащитные части рукавов красиво отделявали яркой подкладкой, тесьмой. Вырез горловины имел овальную или треугольную форму, без воротника. Застежка располагалась по линии талии. Поверх платья носили передник.
Табарсаранки			
Табасаранки шубы не носили.	Зимой они носили ту же одежду, что и в осенне-весенний период, только лиф платья выстегивали ватой. Шубы им заменял большой платок – шаль.	Верхнее распашное платье валжаг	С отрезным узким лифом, плотно облегающим фигуру, широкой юбкой, с небольшими откидными рукавами, обшитыми серебряными подвесками. В отличие от платья рутулук, юбка кроилась прямой (из 4-5 полотнищ)
Цахурки			
Приталенное пальто из шубной овчины	Во многом напоминают мужские шубы, сшитые в талию, но по крою ближе к черкеске. Они кроились цельнокроеными и с отрезной талией длиной до икр	Цахурки распашное платье не носили. Широко распространены кафтанчики в виде распашной кофты.	Поверх нательной одежды носили широкую длинную юбку, густо присборенную по линии талии или заложенную в складки по линии талии. Кофту заправляли в юбку и носили передник. Юбки длиной чуть ниже линии икр.
Агулки			
Пальто из шубной овчины трапециевидного покроя, без воротника, с отделкой из кожи по линии горловины	Эти шубы имели глубокий грудной вырез и застегивались по линии талии на крючок ювелирной работы. Полы шубы кроились короче, чем спинка. Шубы по длине доходили до колен	Верхнее распашное платье валжаг и приталенное платье бергьам	Приталенное платье с узкими рукавами, с отрезным лифом и юбкой, присборенной по линии талии или заложеной в складки по линии талии, надевали под традиционный валжаг с V-образным вырезом и застежкой на линии талии. Под откидными рукавами валжага виднелся узкий рукав платья

Как видно из табл. 1, распашные платья женщин лезгинской этнической группы различаются по форме горловины, по виду застежки, по силуэту, длине и отделке рукавов, по объему нижней части платья.

Цахурки распашное платье не носили. Поверх нательной одежды носили широкую длинную юбку, густо присборенную по линии талии или сложенную в складки по линии талии. Кофту заправляли в юбку и носили передник. Передник был также структурным элементом костюмного комплекса рутулок.

Матерчатые передники кроили длинными до подола платья, цельнокроеными

(у цахурок) и отрезными по линии талии (у рутулок). Передники закрывали грудь и переднюю часть юбки. Передники украшали тесьмой, мелкими серебряными монетами, пуговицами.

Нательная одежда женщин лезгинской этнической группы представлена рубахами. Как показывает исследование, бытовали два типа рубах – туникообразного покроя и отрезные по талии. Нами проведен сравнительный анализ конструкций этих рубах [4]. Результаты анализа представлены в табл. 2 и табл. 3.

Т а б л и ц а 2

Деталь или конструктивная линия	Варианты		
	Прямые	Покатые	
Плечи			
Рукава	Трубообразные с ластовицами	Низ обработан манжетами	Конической формы с легким расширением по низу
Окат рукава	Рельефной формы	Гладкий	
Ластовица	Ромбообразная		
Наплечные накладки	Прямоугольные		
Пройма	Невырезная	Подкройная	
Лиф	С втачной вставкой по центру полочки	С накладной вставкой по центру полочки	Переднее полотнище длиннее заднего
Боковые клинья	В форме трапеции	Прямоугольной формы	
Горловина	Круглая	Мысообразная	Воротник-стойка

Т а б л и ц а 3

Деталь или конструктивная линия	Варианты		
	Прямые	Покатые	
Плечи			
Рукава	Трубообразные. Низ обработан манжетами	Прямые с легким заужением книзу. Низ обработан манжетами	Конической формы с легким расширением по низу и со сборкой по окату
Юбка	Гладкой прямоугольной формы	Рельефной поверхности в складку одностороннюю	Широкое полотнище в сборку
Пройма	Невырезная	Подкройная	
Лиф	С круглым вырезом горловины и центральной застежкой до талии		

Проведенный анализ позволяет выявить следующие особенности взаимосвязей конструктивных элементов:

1. Прямоугольные плечевые накладки характерны только для туникообразных рубах с прямой линией плеч и невырезной проймой.

2. Ластовицы как конструктивные элементы присутствуют в туникообразных рубахах с невырезной проймой.

3. Для конструкции рубах с невырезными проймами характерны трапециевидные боковые клинья.

Исследования показывают, что только лезгинки носили нательную одежду двух типов. Табасаранки, агулки, цахурки, рутулки предпочитали туникообразные рубахи.

Для нательной одежды женщин лезгинской группы народов характерны длинные

туникообразные рубашки с прямой линией плеч, длинными рукавами трубообразной формы, с ромбовидной ластовицей, прямоугольными плечевыми накладками. Традиционно платья-рубахи имели вставные, расширяющиеся книзу клинья по бокам. Кроились рубахи с вертикальным нагрудным разрезом. У горловины рубаха застегивалась на одну пуговицу. Для предохранения от преждевременного износа верхнюю часть спинки и нагрудную часть рубахи обрабатывали подкладкой. Для табасаранок и цахурок были характерны также рубашки с длинными, расширенными книзу рукавами. За исключением табасаранок, все остальные представительницы исследуемой этнической группы носили также рубашки с рукавами, обработанными манжетами [5].

У лезгин встречались туникообразные рубахи несколько другого покроя. Ниже грудного разреза лезгинки делали вставку из прямоугольного полотнища, за счет которой достигалась расширенная форма по-

лотниц. Эта вставка пришивалась обычно мелкими складками и закреплялась узкой планочкой.

Рубахи, отрезные по линии талии, которые носили лезгинки, были с прямой линией плеч, невырезной проймой. Рукава конической формы с легким расширением по низу и со сборкой по окату. Платье-рубаха имела полуприлегающий лиф на подкладке с округлой линией горловины и вертикальным грудным разрезом до пояса. Юбка присборивалась у линии талии.

Следующим структурным элементом костюма дагестанок является поясная одежда – штаны. Они различаются по ширине штанин, по наличию клиньев и по форме клиньев, по цветовому решению. Верхний срез штанов обрабатывали самодельной тесьмой из шерстяных, шелковых и хлопчатобумажных ниток. Сравнительная характеристика поясной одежды женщин лезгинской этнической группы народов приведена в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Состав	Материал	Покрой	Отделка
Лезгинки	Набивной ситец, шелк, парча. Набедренную часть и клин изготавливали из бязи.	Из двух частей – верхней и нижней. Нижняя часть присборивалась по линии притачивания к верхней. Клин имел прямоугольную форму.	-
Табасаранки	То же	То же	Дорогая ткань по низу
Рутулки	Яркие ткани	Прямые штаны, зауженные книзу, с клином ромбовидной формы	-
Цахурки	Яркие ткани красных и оранжевых тонов	То же	-
Агулки	Бязь, ситец и сатин синего, черного и зеленого цвета	Неширокие штанины с широким клином ромбовидной формы	-

Как видно из табл. 4, поясная одежда идентична у лезгинки и табасаранки; рутулки и цахурки. Поясная одежда агулок отличается и по цветовому решению, и по конструкции.

Головные уборы женщин Дагестана можно условно разбить на три группы: чухта (мешочек для кос или чепчик с мешочком), платок и чалма.

У лезгинок чухта представляла собой мешочек длиной до талии или бедер, открытый сверху и снизу, с разрезом 13-15 см в верхней части. Вся головная часть убора

обрабатывалась подкладкой. К верхним краям разреза пришивались повязки – ленты. Ленты опоясывали теменную часть и завязывались на затылке. Изготавливалась чухта из темных шелковых тканей.

Агульские женщины носили длинную чухту из ярких тканей в виде чепчика с мешочком и двумя лентами. Передний край шириной 10-15 см шили из черной ткани. Передний край налобной части обшивался узкой тесьмой, на которую нанизывались маленькие серебряные трубочки.

Табасаранская чухта представляла собой также чепчик с мешочком длиной ниже линии бедер. Завязывалась чухта белой лентой поверх черной полосы, нашитой на налобно-теменную часть чухты. Эта часть чухты украшалась серебряными пластинами.

Цахурская чухта – это прямой мешочек с пришитым к нему накосником, длиной до пят, слегка присборенный в налобной части. Ленты этой чухты огибали подбородок. Изготавливали чухту из ситца, сатина, атласа разных расцветок, чаще из ткани красного цвета, с лентами разных цветов.

Рутульская чухта по покрою, длине, расцветке и способу ношения напоминает цахурскую. Чаще рутурки завязывали одну подбородочную ленту, пришитую к височным частям убора. Поверх чухты все женщины надевали квадратный платок, сложенный вдвое треугольником. Только агулки носили покрывало белого или черного цвета.

Приступая к характеристике женских украшений, следует указать на их широкую популярность. Несмотря на большое своеобразие и локальные особенности, традиционные украшения составляют в целом единый тип, позволяющий говорить об общности их материальной основы. Сравнивая комплекс женских украшений лезгинской этнической группы, можно заключить, что украшения эти составляют общую группу [6].

Женские украшения делятся на головные, шейные, нагрудные, поясные и украшения для рук. Женщины исследуемой этнической группы шейные украшения не носили.

Почти едины по форме и декоративному облику головные украшения лезгинки, рутулки и цахурки. Представляют собой цепочку, пришиваемую к налобно-теменной части чухты и образующую петли у висков или свободно огибающую подбородок. Налобно-теменная часть чухты у табасаранок украшается серебряными пластинками, а у агулки – серебряными цилиндриками.

Идентичны нагрудные украшения у рутулки и цахурки, так как украшение из системы блях и связывающих их цепочек но-

силось с передником, доходило до пояса, верхние цепочки служили ляжкой, на которой держался передник.

Поясные украшения были очень массивны и с большими пряжками. Изготавливались из витой бронзовой проволоки.

Украшения для рук представлены кольцами и браслетами. Кольца были преимущественно из серебра типа печаток с гравировкой под чернь или с цветными камнями. Браслеты имели незамкнутые, или заходящие один на другой концы в полтора, два и даже четыре оборота.

Дагестанки широко пользовались шерстяной вязаной обувью. Отличалась она только орнаментом. Лезгинки и агулки поверх вязаных носков носили резиновые калоши, табасаранки – резиновые калоши и туфли без задников; рутулки и цахурки – сафьяновые башмачки.

Проведенные исследования показали, что женщины лезгинской этнической группы, связанные единством происхождения и культуры, имеют свою национальную специфику. Женская одежда, сохраняя архаические черты, имеет свои особенности. По способу ношения платья, платка, по видам обуви, головным уборам, украшениям, цветовому решению костюмного комплекса можно безошибочно определить этническую принадлежность женщины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаджиева С.Ш.* Одежда народов Дагестана. М.: Наука, 2001.
2. *Савельева И.Н.* Народный костюм, форма, функция // Декоративное искусство СССР. 1967. №11.
3. *Булатова А.Г., Гаджиева С.Ш., Сергеева Г.А.* Одежда народов Дагестана. Пушкино, 2001.
4. *Гаджибекова И.А.* Художественно-конструкторский анализ дагестанской народной одежды // Легкая промышленность и сфера сервиса: проблемы и перспективы: сб. мат. IX Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием, 24-25 ноября 2020 г. Омск: ОмГТУ, 2020. С. 138...142.
5. *Гаджибекова И.А.* Анализ покроя туникообразных рубашек дагестанок // НЕДЕЛЯ НАУКИ-2021: сб. матер. 42 итоговой науч.-техн. конф. преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ, 15-20 апр. 2021 г. Махачкала: ДГТУ, 2021. С. 128...129.
6. *Гаджибекова И.А.* Национальное своеобразие народного костюма дагестанцев (на примере женского костюмного комплекса лезгинской груп-

пы народов) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 4. С. 210...213.

REFERENCES

1. Gadzhieva S. Sh. Clothes of the peoples of Dagestan. M.: Nauka, 2001.

2. Savelyeva I.N. Folk costume, form, function / I.N. Savelyeva // Decorative art of the USSR. 1967. No. 11.

3. Bulatova A.G., Gadzhieva S.Sh., Sergeeva G.A. Clothes of the peoples of Dagestan. Pushchino, 2001.

4. Gadzhibekova I.A. Artistic and design analysis of Dagestan folk clothes // Light industry and service sector: problems and prospects. Sat. mater. IX All-Russian. scientific - pract. conf. with international participation, November 24-25, 2020. Omsk: OmGTU, 2020. P.138...142.

5. Gadzhibekova I.A. Analysis of the cut of tunic-shaped shirts of Dagestan women // WEEK OF SCIENCE-2021. Sat. mater. 42 final scientific and technical. Conf. of teachers, staff, graduate students and students of DSTU, April 15-20, 2021. Makhachkala: DSTU, 2021. P. 128...129.

6. Gadzhibekova I.A. National originality of the folk costume of the Dagestanis (on the example of the women's costume complex of the Lezgi group of peoples) // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 4. P. 210...213.

Рекомендована кафедрой технологии пищевых производств, общественного питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета. Поступила 29.01.23.

УДК 677.023

DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_235

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АРМИРОВАНИЯ
УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
МЕТОДОМ РАЗВЕРТОК НАМОТОК МОТАЛЬНЫХ ПАКОВОК
ЗАДАННОЙ СТРУКТУРЫ**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR REINFORCEMENT
OF CARBON – CARBON COMPOSITE MATERIALS
BY THE METHOD OF UNWINDING WINDINGS
OF GIVEN STRUCTURE WINDING PACKAGES**

М.И. ПАНИН, А.Р. ГАРЕЕВ, Н.А. КОРЧИНСКИЙ, Д.А. РАДАЙКИН, А.А. СЛЮСАРЕВ

M.I. PANIN, A.R. GAREEV, N.A. KORCHINSKY, D.A. RADAYKIN, A.A. SLYUSAREV

(АО "НИИГрафит" им. С.Е. Вяткина)

(JSC NIgrafit)

MIPanin@rosatom.ru

В статье проведен сравнительный анализ процессов формирования армирующих тканых и намоточных структур для получения плоских армирующих компонентов углерод-углеродных композиционных материалов специального назначения.

Рассмотрены пути оптимизации процессов армирования углерод-углеродных композиционных материалов 2D и 2,5D с помощью разверток намоток заданной структуры.

Обоснованы способы формирования армирующих структур композитов с помощью разверток намоток заданных структур, а также возможности получения толстостенных композиционных материалов однопроцессным способом.

Показано, что развертки с заданной степенью замыкания намотки, выполняемые из углеродных нитей по предлагаемой технологии, позволяют варьировать области их применения. Сомкнутые намотки с большой степенью замыкания могут широко использоваться в качестве армирующих компонентов самых плотнеемких композиционных материалов с высоким коэффициентом заполнения.

The article presents a comparative analysis of the processes of forming reinforcing woven and winding structures to obtain flat reinforcing components of carbon - carbon composite materials for special purposes.

The ways of optimizing the processes of reinforcement of carbon-carbon composite materials 2D and 2.5D, using windings of a given structure, are considered.

The methods of forming reinforcing structures of composites with the help of windings of the specified structures, as well as the possibility of obtaining thick-walled composite materials in a single-process way, are substantiated.

It is shown that the reamers with a given degree of winding closure, made of carbon filaments according to the proposed technology, allow varying the scope of their application. Closed windings, with a high degree of closure, can be widely used as reinforcing components of the most dense composite materials, with a high filling coefficient.

Ключевые слова: намотка, паковка, нить, развертка, виток, слой, структура, композит, процесс, стадия, технология, оболочка, разрез, оправка, степень замыкания намотки.

Keywords: winding, packaging, thread, unwinding, coil, layer, structure, composite, process, stage, technology, shell, cutting, winding closure degree.

Введение

Способы армирования и изготовления 2D и 2,5D углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) методом намотки ("сухим" или "мокрым") с последующим заполнением межфиламентного пространства углеродной матрицей известны и применяются давно. В настоящее время они лежат в основе производств крупногабаритных цилиндрических элементов УУКМ и сводятся к обмоточным операциям формирования оболочек, имеющих ось вращения [1]. Кроме того, для производства толстостенных композиционных изделий часто используется послойная выкладка углеродных тканей с последующей их пропиткой, вакуумированием заготовок, прессованием и т.д. Однако в данном случае присутствует слабое скрепление слоев тканей между собой и, как следствие, низкие прочностные характеристики готовых изделий. Поэтому изыскание новых способов армирования плоских толстостенных элементов композиционных материалов является актуальной задачей, которую можно решать путем использования разверток намоток мотальных паковок различных структур.

Теоретические исследования и практические положения процессов формирования мотальных паковок различных структур намотки (сомкнутых, замкнутых, спиралевидных) разработаны и приведены в работе [2].

На рис. 1 показаны фотографии базовых структур намоток (а – замкнутая намотка; б – сомкнутая намотка; в – спиралевидная намотка). Как отмечается в данной работе, все приведенные виды структур намоток могут иметь свои производные в зависимости от выбранной и используемой при их формировании на мотальном оборудовании степени замыкания намотки p . Чем выше степень замыкания намотки p , тем меньше будут начальные размеры пор в структуре намотки.

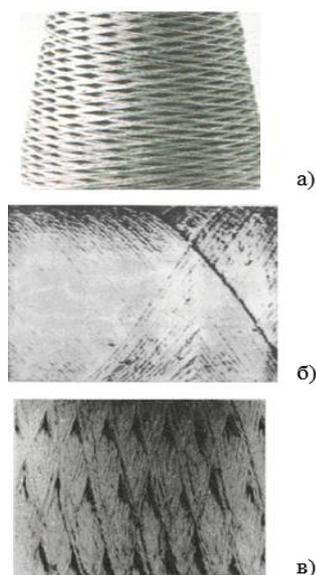


Рис. 1

Для формирования вышеуказанных структур приведена последовательность расчета величины передаточного отношения от нитераскладчика к мотальной па-

ковке, причем для нитей любого вида и линейной плотности (условного диаметра).

В данной работе также доказано, что только мотальные паковки сомкнутой структуры обладают самым высоким из всех текстильных структур коэффициентом заполнения объема композитов волокнистым армирующим материалом, равным

$$k_3 = \frac{\pi}{4} = 0,785. \quad (1)$$

Вполне очевидно, что иные структуры намоток (замкнутые и спиралевидные) за счет своей пористости будут обладать меньшим коэффициентом заполнения, что необходимо учитывать при проектировании армирующих структур разверток намотки. Проведенные ранее исследования прочностных характеристик различных структур намотки мотальных паковок и их разверток, приведенные в работе [6], показывают, что они зависят главным образом от заполнения объема композита наполнителем, а также от угла скрещивания витков β и степени замыкания намотки p .

В совокупности данные исследования позволяют не только проектировать и создавать различные композиционные изделия в виде тел вращения (оболочки, фильтры, сотовые наполнители и т.д.), но и разрабатывать новые способы армирования плоских изделий большой толщины. С этой целью могут использоваться армирующие заготовки в виде разверток намотки мотальных паковок различных структур, в том числе и для производства плоских изделий углерод-углеродных композиционных материалов значительной толщины.

В данном случае разработка технологии армирования заключается в выполнении ряда последовательных технологических операций, а именно:

- выбор и расчет параметров намоточной структуры армирования (вида намотки, ее пористости и требуемого коэффициента заполнения объема композита армирующим компонентом);

- расчет необходимых параметров настройки мотального оборудования, которые смогут обеспечить заданные парамет-

ры выбранной структуры армирования (расчет величины передаточного отношения от нитераскладчика к мотальной паковке);

- формирование "мокрым" или "сухим" способом требуемой структуры намотки армирующего материала (формирование "намоточного препрега");

- развертка намотки на плоскость путем разрезания паковки по заданной плоскости сечения, причем секущих плоскостей может быть одна или две в зависимости от требуемой формы раскроя плоской заготовки, при этом угол наклона секущих плоскостей к оси паковки может варьироваться;

- получение из плоской заготовки (раскроя) готового изделия композита традиционными способами (путем пропитки, вакуумирования на пресс-формах и т.д.).

Следует отметить, что для формирования мотальных паковок заданной структуры необходимо специальное, прецизионное мотальное оборудование, конструкция которого обеспечивала бы создание требуемой величины передаточного отношения от нитераскладчика к паковке, причем с учетом размеров как самой паковки, так и нитевидного материала, из которого формируется структура армирующей намотки (условного диаметра нити, жгута, ленты и т.д.).

Для формирования паковок сомкнутой структуры намотки между валом веретена (паковки) и валом кулачка нитераскладчика должна быть установлена величина передаточного отношения, определяемая выражением:

$$i_{oc} = \frac{p^2 k n_1 + p k z}{p^2 k^2 - \frac{d^2 k^2}{4H}} \pm \sqrt{\frac{(p^2 k n_1 + p k z)^2}{(p^2 k^2 - \frac{d^2 k^2}{4H})^2}}, \quad (2)$$

где H – высота намотки мотальной паковки; p – степень замыкания намотки; k – число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нити; z – кратность замыкания намотки; d – условный диаметр нити; D – текущий диаметр намотки паковки; n_1 – числа k_{i_0} .

Из приведенной формулы следует, что при заданных параметрах p , k , n_1 , H , z и d

существует две величины передаточного отношения от нитераскладчика к паковке, при которых на паковке создается сомкнутая намотка. Первое из этих отношений соответствует "опережающей", а второе "отстающей" намотке.

Очевидно, что уравнение имеет два решения, в результате которых получим два значения величины i_{oc1} и i_{oc2} . При знаке "+" перед корнем получаем значения величины передаточного отношения для "опережающей" сомкнутой намотки, когда витки $p+1$ -й пары слоев намотки пойдут правее витков 1-й пары слоев, а при знаке "-", наоборот, витки $p+1$ -й пары слоев намотки пойдут левее витков 1-й и на паковке будет формироваться "отстающая" сомкнутая намотка. При решении уравнения (2) величиной $\frac{d^2}{\pi D^2}$ можно пренебречь без ущерба для точности расчетов, т.к. диаметр нити d много меньше диаметра намотки паковки D , однако при намотке на оправки композитов лент значительной ширины пренебрегать данным выражением нельзя.

Как известно [10], при развертывании на плоскость цилиндрических тел (паковок) наружная поверхность будет сжиматься, а внутренняя растягиваться. Это явление необходимо учитывать при проектировании толщины стенок создаваемых изделий УУКМ. Для снижения влияния этого фактора на прочностные свойства армируемого разверткой намоток композиционного материала рекомендуется использовать известные теоретические положения "О прочностных характеристиках намотки канатов на барабан", изложенные в курсе "Грузоподъемные машины" [11], предполагающие, что толщина стенки намотки S будет очень мала по сравнению с радиусом оправки, на которой формируется намотка, т.е. S должна быть меньше $1/20 R$, где R – радиус оправки. Данное положение следует учитывать при выборе типа мотального оборудования и его возможности формировать намотки на оправках увеличенных габаритов (большого диаметра).

Это положение подтверждают и рекомендации, приведенные в литературе [3...5].

Выполнение данного условия необходимо для снятия внутренних напряжений с нитей, лежащих во внутренних витках намотки (на меньшем радиусе), возникающих в формируемом полотне при его развертке на плоскость.

Методы исследования

Особый интерес в данном случае представляет метод создания многослойных и толстостенных армирующих заготовок как основ элементов конструкционных композиционных материалов путем развертки многослойных намоток заданных структур на плоскость. По сути, данные развертки могут выполнять роль многослойных тканых "препрегов", но формируемых более производительным и дешевым однопроцессным способом – намоткой неразрывной нити на оправку больших габаритов. Применение разверток намотки с использованием в послойной раскладке нитей различной структуры и сырьевого состава позволяет в широких пределах варьировать комбинации создаваемых конструкционных композитов, то есть создавать "слоеный пирог", но не отдельными слоями, а перевивкой нитей в смежных слоях намотки. При этом появляется возможность широко варьировать степень заполнения объема композиционного материала армирующим компонентом, что достигается использованием структур намотки с различной степенью замыкания p .

Технология армирования толстостенных композиционных материалов методом получения разверток намоток различных структур на плоскость имеет ряд ограничений, обусловленных, прежде всего, возможностями мотального оборудования, а именно ограничения линейных размеров разверток (в зависимости от возможной ширины раскладки нити вдоль образующей паковки и максимально возможного диаметра оправки). Поэтому данные ограничения в технологии формирования мотальных паковок не позволяют заменять многослойные ткани большой ширины. При этом для изготовления отдельных изделий данная технология может рассматриваться как альтернативная технологии 3D ткачества по следующим причинам:

1. Углеродное волокно трудно перерабатывается в ткачестве в связи с очень малым удлинением при разрыве – до 1% и ломкостью самих филамент при изгибной или знакопеременной нагрузке. Это приводит к тому, что остаточная прочность углеродного волокна в конечном изделии может снижаться до 50% от исходной.

2. В процессе формирования 3D тканей углеродные нити подвергаются многократному истирающему воздействию о направляющие рабочие органы ткацкого станка (глазки галев ремизок, бердо и т.д.) и друг о друга, что снижает их прочностные характеристики.

3. Процесс формирования тканых структур требует выполнения большого числа подготовительных операций (перемотка, сновка нитей), в течение которых углеродные волокна подвергаются многократному растяжению и истиранию о направляющие органы оборудования при подготовительного производства, в результате чего теряется их механическая прочность. При этом следует отметить, что если производителем ставится задача формирования прочных к разрыву по утку армирующих тканых структур, то этого можно добиться только выработывая ткани с натуральной (не закладной или обрезной) кромкой на механических челночных ткацких станках, а не на бесчелночных "рапирных". В этом случае подготовка уточных паковок из углеродных нитей требует особого специфического оборудования и специальных знаний по их формированию. Однако до настоящего времени такого оборудования в нашей стране не выпускается.

4. Производительность ткацкого станка (с жаккардовой кареткой) значительно ниже производительности мотального оборудования ввиду однопроцессного способа формирования заготовок намоткой.

5. Жаккардовое ткачество при работе со шпулярника требует строгого сохранения постоянства натяжения всех нитей основы, что возможно только при работе с питающих паковок увеличенных габаритов, причем одного диаметра, и идеальной настройки нитенатяжных приборов.

6. При использовании зарубежных ткацких станков с рапирным механизмом прокладки утка в зеве (бесчелночное ткачество) неизбежно обрезание уточных нитей у кромок тканей для формирования закладных кромок, что тоже снижает прочность к разрыву готовой ткани по утку.

7. Изготовление 3D тканей из углеродных нитей возможно только на специальных "тяжелых" ткацких станках с ЧПУ, которые машиностроительные предприятия страны пока серийно не выпускают. Импортное оборудование, применяемое для формирования изделий данного направления, очень дорогое, хотя оно в малом количестве в нашей стране имеется, но для указанных целей не адаптировано и не применяется [7]. К такому оборудованию относятся ткацкие станки специального назначения "ТЕХО" (Швеция).

Результаты и обсуждение

Все указанные выше аргументы позволяют обосновать эффективность применения для изготовления отдельных плоских композиционных изделий иной, отличающейся от ткацкой, технологии армирования УУКМ сложных толстостенных структур, а именно технологии формирования армирующих заготовок на базе разверток намоток на плоскость заданных структур мотальных паковок.

Основания для этого мы видим в том, что:

1) до сих пор исследователи текстильных структур, применяемых в качестве армирующих компонентов УУКМ, не принимали во внимание возможности формирования одним процессом – намоткой углеродных нитей на оправки – **p**-сомкнутых структур, которые могут быть самыми различными по форме, габаритным размерам, а по коэффициенту заполнения и прочностным свойствам не уступать тканым;

2) структуры **p**-сомкнутых, **p**-замкнутых и **p**-спиралевидных намоток, а также их производные на полных основаниях могут отождествлять тканые переплетения, так как их такое же множество (при различных значениях степени замыкания намоток **p**), как и производных главных переплетений

тканей (полотняного, сатинового и саржевого).

Проверка описанных положений была проведена на примере сравнительного анализа и расчета коэффициента заполнения нитями образцов ткани полотняного переплетения и развертки двенадцатисомкнутой намотки тех же типоразмеров, полученных из углеродных нитей К6 [8].

Исходные данные:

а) углеродная ткань полотняного переплетения метровой длины с шириной заправки $B_3=0,3$ м;

б) намотка углеродной нити двенадцатисомкнутой структуры, выполненная на модернизированной мотальной машине "FOSTER" (США) на специальную оправку диаметром $D_0 = 33,5$ см, разрезанная вдоль образующей паковки с формированием развертки заданных размеров, то есть намоточное, плоское (нетканое) полотно длиной 1 метр.

Заправочный расчет ткани полотняного переплетения с заданной шириной заправки ($B_3=0,3$ м) показал, что:

а) поверхностная плотность ткани из углеродной нити К6 с характеристиками $\gamma = 1,75$ г/см³, $T=380$ текс составляет

$$M_1 = \frac{G}{L \cdot B_3} \text{ (г/см}^2\text{)}, \quad (3)$$

где $B_3=0,3$ м – ширина тканого "препрега"; $L=1$ м – длина "препрега"; $G = 136,6$ г – масса образца тканого "препрега";

б) объемная плотность тканого "препрега" составит:

$$\delta_T = M_1 / \delta \quad \text{или} \\ \delta_T = \frac{G}{B_3 \cdot L \cdot \delta} = \frac{136,6}{30 \cdot 100 \cdot 0,06} = 0,75 \text{ г/см}^3; \quad (4)$$

где $\delta = 0,06$ см – толщина ткани;

в) коэффициент заполнения "препрега" из углеродной ткани (объемное заполнение ткани углеродной нитью) E_v (%)

$$E_v = \frac{\delta_T}{\gamma}, \quad (5) \\ E_v = \frac{0,75}{1,75} = 0,43;$$

г) вес образца, сформированного разверткой сомкнутой намотки того же объема, составил $G_H = 211,5$ г;

д) фактический коэффициент заполнения армирующим компонентом нетканого полотна, сформированного разверткой сомкнутой намотки на оправку заданного размера, составил $E_H=0,67$, что значительно превышает значение коэффициента заполнения ткани углеродными нитями – $E_v=0,43$. Следует отметить, что полученное в ходе эксперимента фактическое значение коэффициента заполнения намотки нитью не достигает максимально возможного значения 0,785, очевидно, по причине неполного смыкания витков в структуре сомкнутой намотки при формировании опытного образца, наличия ошибки в настройке мотального оборудования и неровноты углеродной нити, то есть на паковке формировалась "квазисомкнутая" намотка.

На рис. 2 показан пример развертки сомкнутой намотки значительной толщины (до 45 мм).



Рис. 2

На рис. 3 представлено фото крупногабаритной, толстостенной цилиндрической оболочки, сформированной сомкнутой намоткой из углеродных нитей, развертка которой может быть использована для получения плоских заготовок толщиной до 30 мм.

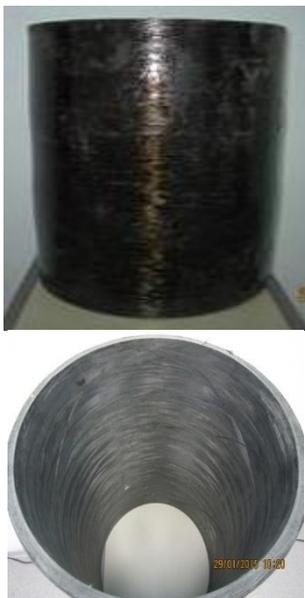


Рис. 3

Параметры намотки:

волокно:

- углеродный ровинг – Toho tenax 12K, HTS40;

- количество филаментов – 12 000;
- линейная плотность (текс) – 800;
- количество кручений (круч/м) – 0;
- плотность нити (г/см³) – 1,79;

габариты оболочки:

- Н (высота) = 530 мм;
- D диаметр наружный = 380 мм;
- D диаметр внутренний = 350 мм.

Проведенные исследования показали, что намоточное полотно, полученное в виде развертки намотки, как и ткань полотняного переплетения, имеет плотную структуру переплетающихся между собой нитей, но коэффициент заполнения его объема армирующим компонентом значительно выше. Данный способ армирования применим при создании цельных отдельных композиционных деталей сложной формы.

При выборе технологии получения композиционного материала на базе разверток намоток мотальных паковок специального назначения стоимость изготовления изделия ввиду его одностадийности будет минимальной. При разработке и реализации новой технологии армирования толстостенных У-У композиционных материалов методом разверток намоток мо-

тальных паковок специального назначения необходимо учитывать:

1) толщину намотки базовой мотальной паковки и структуру расположения в ней нитей;

2) технологические требования процессов, посредством которых предполагается придать заготовке – развертке намотки – новую плоскостную или пространственную форму (раскрой развертки), и последовательные технологические операции до стадии получения конечного продукта;

3) вопросы, связанные с экономией материала, выкладкой развертки на раскрой, ее разметкой и далее укладкой на пропитку или в пресс-форму;

4) толщину намотки базовой мотальной паковки требуемой (формируемой) структуры при выборе способа пропитки и технологических параметров производства УУКМ.

ВЫВОДЫ

1. Технологии армирования 2D и 2,5D углерод-углеродных композиционных материалов методом разверток намоток мотальных паковок могут успешно использоваться для получения изделий значительной толщины, при этом обеспечивается максимальное заполнение объема композита волокнистым армирующим компонентом и углеродной матрицей, т.е. с максимальным коэффициентом заполнения.

2. Использование сомкнутых структур намоток с различной степенью замыкания, применяемых в качестве базы для получения разверток, значительно расширяет гамму создаваемых изделий и расширяет области их использования.

3. Однопроцессный способ формирования армирующих композиционных материалы структур и при этом минимальное механическое воздействие на углеродные нити обеспечивают сохранение целостности волокон нити и их механическую прочность в готовом изделии.

4. Использование разверток намоток мотальных паковок при армировании композиционных материалов позволяет значи-

тельно снизить трудозатраты на их производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробей В.В., Маркин В.Б. Основы технологии и проектирование корпусов ракетных двигателей. Новосибирск: Наука, 2003.
2. Панин М.И. Разработка композиционных материалов на базе мотальных паковок специального назначения: дис. ... канд. техн. наук. М.: МГТА им. А.Н. Косыгина, 2012.
3. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2006.
4. Рудовский П.Н., Киприна Л.Ю., Нуриев М.Н. Методика количественной оценки параметров структуры намотки // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2005. № 11. С. 27...30.
5. Рудовский П.Н. Анализ структуры намотки при фрикционном наматывании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1995. № 4. С. 56...59.
6. Рудовский П.Н. Управление сборкой пакета при случайной намотке // Melliand Textil berichte. 1997. № 3. С. 138...141
7. Панин М.И. Исследование прочностных характеристик мотальных паковок специального назначения с помощью разверток // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. №8. С. 40...44.
8. McHugh C. Fiber-reinforced composites [Electronic resource] / C. McHugh. - 2015. - Access mode: <https://ru.scribd.com/document/268004901/Fiber-reinforced-Composites-Textinfo>. (access date 22.05.2021)
9. Hull D., Clyne T.W. An introduction to composite materials. Cambridge, 1981.
10. Высоцкая Н.Н., Иерусалимский А.М., Невельсон Р.А., Федоренко В.А. Технические развертки изделий из листового материала. М.: Машиностроение, 1968.
11. Александров М.П., Колобов Л.Н., Лоб Н.А. Грузоподъемные машины. М.: Машиностроение, 1986.

REFERENCES

1. Vorobey V.V., Markin V.B. Fundamentals of technology and design of rocket engine housings. Novosibirsk: Nauka, 2003.
2. Panin M.I. Development of composite materials based on special purpose winding packs: Dissertation of Candidate of Technical Sciences of the Moscow State Technical University named after A.N. Kosygin, 2012.
3. Palochkin S.V., Rudovskij P.N., Nuriev M.N. Methods and means of control of the main parameters of textile packages. M.: Moskovskij gosudarstvennyj tekstil'noj universitet im. A.N. Kosygina, 2006. 240 p. (In Russ.)
4. Rudovsky P.N., Kiprina L.YU., Nuriev M.N. The method of quantitative evaluation of the parameters of the winding structure // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2005; 11:27-30. (In Russ.)
5. Rudovsky P.N. Analysis of the winding structure during friction winding // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1995; 4(226):56-59. (In Russ.)
6. Rudovsky P.N. Control of package build in random winding // Melliand Textil berichte, 1997;3:138-141.
7. Panin M.I. Investigation of the strength characteristics of special-purpose winding packs with the help of scans // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. N 8 (329). – Pp. 40...44.
8. McHugh C. Fiber-reinforced composites [Electronic resource] / C. McHugh. - 2015. - Access mode: <https://ru.scribd.com/document/268004901/Fiber-reinforced-Composites-Textinfo>. (access date 22.05.2021)
9. Hull D. An introduction to composite materials / D. Hull, T.W. Clyne. Cambridge, 1981. 326 p.
10. Vysotskaya N.N., Jerusalem A.M., Nevelson R.A., Fedorenko V.A. Technical scans of products made of sheet material. M.: Mashinostroenie, 1968. 272 p.
11. Cargo lifting machines: Textbook for universities in the specialty "Lifting and transport machines and equipment" / M.P. Aleksandrov, L.N. Kolobov, N.A. Lob. M.: Mechanical Engineering, 1986.

Рекомендована АО "НИИГрафит". Поступила 13.09.22.

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-АРМИРОВАННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОУТОЧНОГО
3D-ОРТОГОНАЛЬНОГО ТКАЧЕСТВА**

**DEVELOPMENT OF NEW SPATIALLY REINFORCED MATERIALS
BASED ON 3D ORTHOGONAL FABRIC TECHNOLOGY**

*А.П. ГРЕЧУХИН, П.Н. РУДОВСКИЙ, А. ХАБИБУЛЛОЕВ,
А.В. КУЛИКОВ, И.В. СТАРИНЕЦ*

*A.P. GRECHUKHIN, P.N. RUDOVSKY, A. HABIBULLOEY,
A.V. KULIKOV, I.V. STARINETS*

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: niskstu@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы технологии 3D-ортогональных тканей, моделирования их строения и прогнозирования свойств. Представлен новый способ формирования 3D-ортогональной ткани. Отличительная особенность технологии – отсутствие встречных систем перевязочных нитей, что позволяет существенно увеличить производительность процесса ткачества.

The article deals with the technology of 3D orthogonal fabrics, modeling their structure and predicting properties. A new method for forming a 3D orthogonal fabric is presented. A distinctive feature of the technology is the absence of counter systems of dressing threads, which can significantly increase the productivity of the weaving process.

Ключевые слова: 3D-ортогональная ткань; ткацкий станок; армирующий наполнитель; композиты; пулезащита; арамидное волокно; углеродное волокно.

Keywords: 3D orthogonal fabric; loom; reinforcing filler, composites, bullet protection; aramid fiber; carbon fiber.

Введение

В предлагаемом исследовании изучена возможность высокопроизводительной технологии получения трехмерных ортогональных тканых волокнистых армирующих наполнителей. Такая технология подразумевает использование минимум трех систем нитей, которые располагаются перпендикулярно друг к другу в отличие от обычной ткацкой технологии. Это нити

основы, утка и Z-утка. Основные нити располагаются вдоль образца, а остальные системы нитей ортогонально им. Технология ортогонального трехмерного ткачества позволяет значительно повысить производительность при выработке материала, т.к. существует возможность обеспечить одновременно прокладывание нескольких нитей в отличие от обычной ткацкой технологии.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-20089, <https://rscf.ru/project/22-29-20089/>

Известно, что 3D-ортогональные ткани обладают большей прочностью (15...20 %) за счет того, что энергия удара или силовое воздействие на материал распространяется на большую площадь [1], [2].

Анализ системы заправки нитей известных ранее способов формирования трехмерной ортогональной ткани [3–10] показал, что расположение механизма прокладывания вертикальных уточных нитей в зоне "бердо – устройство для сматывания нитей основы" может привести к "растаскиванию" нитей и отходу их от зоны формирования. Это приводит к необходимости прикладывать к берду значительные усилия для создания необходимой плотности ткани. При этом требуемая плотность слоев может быть не достигнута. Такой факт может стать решающим ограничением при формировании изделий сложного профиля.

Методы исследования

Нами предложена технология формирования ткани, при которой прокладывание утка производится в зоне "бердо – опушка ткани". Такая технология является рациональной для разрабатываемой системы заправки нитей. Отличие технологии состоит в том, что бердо совершает два движения – по вертикали и по горизонтали [11] (рис. 1).

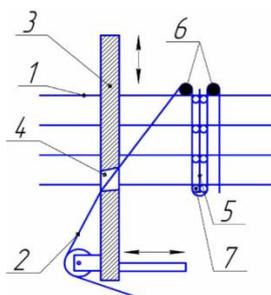


Рис. 1

Вертикальные нити утка 2 прокладываются бердом 3 в вертикальном направлении за счет того, что зуб берда имеет отверстия 4, в которые пробираются нити вертикального утка 2. После этого прокладывают кромочную нить 6, фиксирующую вертикальную систему уточных нитей 2 с противоположной стороны ткани. Затем возвращают бердо 3 в исходное положение

по вертикали и перемещают горизонтальные уточные нити 7 в горизонтальном направлении. Эти нити фиксируют с помощью кромочной нити 5 и возвращают уточные горизонтальные нити в исходное положение. На последнем этапе осуществляют перемещение бердом 3 участков проложенных нитей утка к опушке ткани в горизонтальном направлении. Описанный цикл формирования ткани повторяют.

Отличительная особенность технологии – отсутствие встречных систем перевязочных нитей (binder, z-yarn). Перевязка осуществляется одной системой нитей (вертикальный уток). Это дает возможность более плотной укладки слоев, позволяет использовать перевязочные нити в качестве армирующих (увеличить их линейную плотность) и применять технологию для получения изделий сложного и переменного профиля. При этом достигается трехмерное равномерное армирование материала, т.к. перевязочные нити могут быть по линейной плотности одинаковыми с нитями основы и горизонтального утка.

Для реализации предложенной технологии разработаны методы прогнозирования структуры 3D-ортогональных тканей и создания их геометрических 3D-моделей для виртуального моделирования свойств.

Получены зависимости, позволяющие прогнозировать параметры трехмерных ортогональных тканей для подготовки станка к заправке.

Учтена специфика технологии, когда нити утка прокладываются петлей, а также заложена возможность предварительного расчета параметров ткани с учетом объемной доли волокна в комплексной нити.

Сравнение результатов расчета со значениями, полученными экспериментально, показало, что погрешность определения основных параметров не превышает 6%.

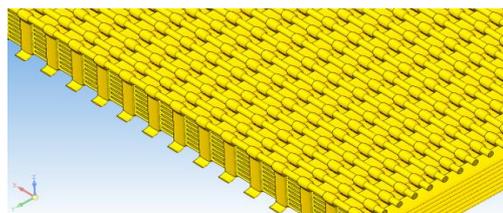


Рис. 2

На основе прогноза структуры ткани создается 3D-модель для последующего расчета (рис. 2).

Разработанная методика позволяет прогнозировать коэффициент заполнения объема проектируемой и создаваемой ткани волокнистым материалом (объемная плотность создаваемой ткани) и прочностные свойства конечного продукта, что имеет большое значение при создании наполнителей полимерных композиционных материалов.

Далее создается модель для прочностного расчета и выполняется расчет в САЕ-системах, проводится сравнение с аналогами или выбирается оптимальный вариант для дальнейшего изготовления на оборудовании [12].

При этом моделируется как композит на основе 3D-ортогональных тканей, так и изделия в виде ткани (рис. 3).

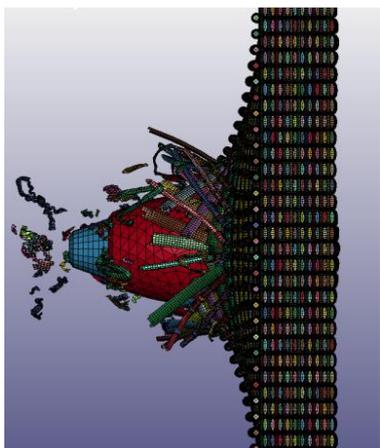


Рис. 3

После этого проектируется технологический процесс изготовления 3D-ортогональной ткани на основе технологии с перевязкой ткани по контуру в зоне формирования с многократным воздействием и многоуточным формированием, что позволяет создавать плотные, перевязанные по периметру сложно-профильные изделия и изделия с переменным профилем.

Спроектированы и изготовлены опытные образцы оборудования для формирования 3D-ортогональных тканей.

На рис. 4 представлен станок для формирования тканей из арамидных нитей.



Рис. 4

На рис. 5 представлен станок для формирования тканей из углеродных нитей.



Рис. 5

Образец выработанной восьмислойной ткани из арамидных нитей представлен на рис. 6.



Рис. 6

Прокладывание всех восьми уточных нитей осуществлялось одновременно. Созданный материал представляет собой цельнотканое 3D-текстильное изделие, армированное в трех направлениях в каждой точке перекрещивания нитей, созданное по многоуточной технологии.

Полученную 3D-ортогональную ткань из арамидных нитей с поверхностной плотностью $4,7 \text{ кг/м}^2$ испытывали на пробитие пульей калибра 5,45 мм. В качестве контрольного образца использовали пакет из восьми слоев ткани полотняного пере-

плетения той же поверхностной плотности. В процессе испытаний измеряли скорость пули на входе в образец и на выходе из него. Начальная скорость пули составляла 895 м/с. Вид образцов после испытания представлен на рис. 7 (а – ткань полотняного переплетения, б – 3D-ортогональная ткань).

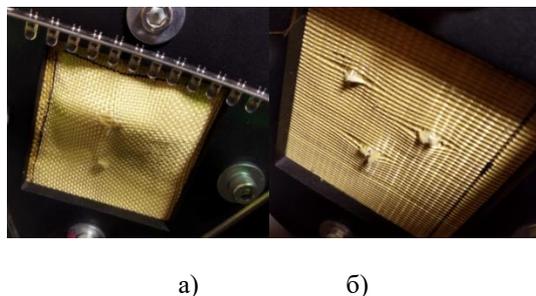


Рис. 7

По результатам эксперимента падение скорости пули после пробития пакета тканей полотняного переплетения составило 50 м/с, а 3D-ортогональной ткани – 60 м/с. Зная потерю кинетической энергии при прохождении образца, можно рассчитать необходимую толщину пакета тканей для полного гашения скорости пули. Для 3D-ортогональной ткани необходим пакет из восьми слоев, в то время как для ткани полотняного переплетения пакет должен состоять из 10 слоев, аналогичных используемым в процессе эксперимента. Однако важнейшим отличием стало существенно меньшее вспучивание ткани в области поражения, что, по нашему мнению, должно снизить риск травматизма.

ВЫВОДЫ

1. Предложена технология формирования ткани, при которой прокладывание утка производится в зоне "бердо – опушка ткани".

2. Разработаны методы прогнозирования структуры 3D-ортогональных тканей и создания их геометрических 3D-моделей для виртуального моделирования свойств.

3. Разработанная методика позволяет прогнозировать коэффициент заполнения объема проектируемой и создаваемой ткани волокнистым материалом (объемная

плотность создаваемой ткани) и прочностные свойства конечного продукта.

4. Результаты испытаний на пробитие образцов восьмислойной 3D-ортогональной ткани из арамидных нитей показали, что снижение скорости пули по сравнению с пробитием восьми слоев полотняной ткани составляет около 10 м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xiwen Jia, Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // *Journal of Composite Materials*. 45(9) 965–987 (2010).

2. Гречухин А.П., Хабибуллоев А., Рудовский П.Н., Рудковский М.Д. Технология формирования 3D-ортогональных тканей для композитов в составе бронезиленита // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2021. № 6. С. 77...83.

3. US Patent № 5924459 Airjetmachine and diagonal Z-loopfabric pattern for three-dimensional fabric // Rowland G. Evans (Washington, DC) – 02.07.97.

4. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Определение рациональных параметров системы заправки нитей при формировании трехмерного ортогонального тканого волокнистого материала // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2018. № 5. С. 111...115.

5. Ушаков С.Н., Гречухин А.П., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Влияние величины смещения слоя горизонтального утка на плотность расположения вертикальных слоев нитей при формировании трехмерных ортогональных тканей // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2018. №6. С. 96...100.

6. Зайцев Д.В., Гречухин А.П., Рудовский П.Н. Система заправки при формировании 3D-ортогонального тканого материала // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2017. №3. С. 154...156.

7. Гречухин А.П., Хабибуллоев А., Рудовский П.Н., Рудковский М.Д. Методика расчета поверхностной плотности трехмерных ортогональных тканей с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2021. № 4. С. 113...120.

8. WO Patent № WO2015182923A1. Three-dimensional orthogonal fabric for thermoelectricity // Park Sang-koo – 03.12.2015.

9. CN Patent № CN103061004B. Novel structure three-dimensional fabric and weaving method thereof // Zhu Jianxun Qi, Jiasheng Hu Fangtian, Zhou Xubo Tang, Danfen Qiao Zhizhen – 30.07.2014.

10. Хабибуллоев А., Гречухин А.П., Рудовский П.Н., Старинец И.В., Куликов А.В. Расчет параметров берда при формировании трехмерных ортогональных тканей с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования // *Изв. вузов. Тех-*

нология текстильной промышленности. 2022. № 6. С. 92...97.

11. Патент РФ № 2643659, 02.02.18. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Тихомиров Л.А., Зайцев Д.В., Старинец И.В., Селиверстов В.Ю. Способ формирования трехмерной ортогональной ткани.

12. Гречухин А.П., Хабибulloев А., Рудковский П.Н., Рудковский М.Д. 3D ортогональные ткани для средств индивидуальной бронезащиты // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2021). Иваново, 2021. № 1. С. 28...32.

REFERENCES

1. Xiwen Jia., Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // Journal of Composite Materials. - 45(9) 965–987 (2010).

2. Grechukhin A.P., Khabibulloev A., Rudovsky P.N., Rudkovsky M.D. Technology of formation of 3D-orthogonal fabrics for composites in body armor // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 6. S. 77...83.

3. US Patent No. 5924459 Airjetmachine and diagonal Z-loopfabric pattern for three-dimensional fabric //RowlandG. Evans (Washington, DC) - 07/02/97.

4. Grechukhin A.P., Ushakov S.N., Rudovsky P.N., Palochkin S.V. Determination of rational parameters of the threading system during the formation of a three-dimensional orthogonal woven fibrous material // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. No. 5. P. 111...115.

5. Ushakov S.N., Grechukhin A.P., Rudovsky P.N., Palochkin S.V. Influence of the displacement value of the horizontal weft layer on the density of the arrangement of vertical layers of threads during the formation of three-dimensional orthogonal fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. No. 6. P. 96...100.

6. Zaitsev D.V., Grechukhin A.P., Rudovsky P.N. Filling system during the formation of a 3D orthogonal woven material // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. No. 3. P. 154...156.

7. Grechukhin A.P., Khabibulloev A., Rudovsky P.N., Rudkovsky M.D. Method for calculating the surface density of three-dimensional orthogonal fabrics with ligation by one system of threads in the formation zone // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 4. P. 113...120.

8. W.O.Patent No. WO2015182923A1. Three-dimensional orthogonal fabric for thermoelectricity// Park Sangkoo – 03.12.2015.

9. CN Patent No. CN103061004B. Novel structure three-dimensional fabric and weaving method thereof // Zhu Jianxun Qi, Jiasheng Hu Fangtian, Zhou Xubo Tang, Danfen Qiao Zhizhen – 07/30/2014.

10. Khabibulloev A., Grechukhin A.P., Rudovsky P.N., Starinets I.V., Kulikov A.V. Calculation of reed parameters during the formation of three-dimensional orthogonal fabrics with ligation by one system of threads in the formation zone // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 6. P. 92...97.

11. RF patent No. 2643659, 02.02.18. Grechukhin A.P., Ushakov S.N., Tikhomirov L.A., Zaitsev D.V., Starinets I.V., Seliverstov V.Yu. Method for forming a three-dimensional orthogonal fabric.

12. Grechukhin A.P., Khabibulloev A., Rudovsky P.N., Rudkovsky M.D. 3D orthogonal fabrics for personal armor protection // Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (SMARTEX-2021). Ivanovo, 2021. No. 1. S. 28...32.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования ткани и трикотажа Костромского государственного университета. Поступила 07.03.23.

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика, управление и организация производства

<i>Филатов В.В., Мишаков В.Ю., Скрыльникова О.А., Бузулуцкая М.В., Самсонова В.В., Мариен Л.С.</i> Современные проблемы управления изменениями в государственной программе "Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности" Минпромторга России	5
<i>Мамедова Х.Ф., Мамедов Ф.А., Таипулатов С.Ш., Алиева Ш.Я., Абдиева Г.З., Мамедова Г.Р.</i> Стратегия рыночного управления в переходном периоде	18
<i>Шахова И.Ю., Онопчук Е.Ю., Сперанский С.Н., Лодойн У.</i> Вопросы цифровизации текстильной промышленности: региональный аспект	23
<i>Ерлыгина Е.Г., Елисеева Е.Н.</i> Внедрение CRM-системы на предприятиях текстильной промышленности	29
<i>Земсков В.В., Прасолов В.И., Петренко М.Т.</i> Механизм обеспечения финансовой безопасности предприятий текстильной промышленности	32
<i>Уткин А.И., Сперанский С.Н., Рябова О.Н., Амаржаргалан Т.</i> Кросс-функциональное управление эффективностью бизнес-процессов текстильного предприятия с использованием сбалансированной системы показателей	42
<i>Кайдашова А.К., Сизганова Е.Ю., Ашин А.А.</i> Формирование концептуальных основ развития туристского бренда в сфере легкой промышленности	50
<i>Оборин М.С.</i> Перспективы рыночной интеграции предприятий текстильной промышленности России	58
<i>Маммадова Н.О., Мусаева В.Х., Нейматова У.В.</i> Анализ приоритета экологических инновационных технологий и многомерность мониторинга окружающей среды и безопасности потребительских товаров	63

Материаловедение

<i>Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю., Грузинцева Н.А., Лысова М.А.</i> Обеспечение качества технического текстиля для производства строительных изделий на различных этапах жизненного цикла	69
<i>Суккари А.Р., Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Буланов Я.И.</i> Оценка физических свойств тканей специального назначения для защиты от общих производственных загрязнений после многократных стирок	78
<i>Парпиев Х., Гафуров А.Б., Ласточкин П.Д., Парпиева Н.Х.</i> Прочная супергидрофобная хлопчатобумажная ткань для фильтрации масляно-водяных смесей	83
<i>Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова В.В.</i> Повышение качества спецодежды из наноструктурированных одежных кожевенных материалов	92
<i>Хамматова Э.А.</i> Исследование раздирающей нагрузки наноструктурированных материалов для изготовления спецодежды	98
<i>Маруцак Ю.И., Ясинская Н.Н., Петюль И.А.</i> Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокож	103
<i>Плеханова С.В., Виноградова Н.А.</i> Исследование характеристик надежности хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья	111
<i>Разин С.Н., Пашин Е.Л., Орлов А.В., Овчаренко А.С.</i> Обоснование рациональных условий зажима пучка лубяных волокон при определении их разрывного усилия по стандартному методу испытания ..	117

<i>Спиридонова В.Г., Циркина О.Г.</i> Исследование пожароопасных свойств тканей из целлюлозных волокон методами термического анализа	123
Первичная обработка. Прядение	
<i>Нуриев М.Н.</i> Анализ процесса подготовки хлопка-сырца в питателе очистителя крупного сора	129
<i>Оленина И.В., Шустов Ю.С., Зиновьев В.П., Рубцов В.И., Тимошенко А.Н., Исаев О.В., Сеитова А.Г.</i> Расчет объемной плотности и диаметра хлопчатобумажной пряжи в зависимости от коэффициента крутки	135
Технология текстильных изделий	
<i>Быковский Д.И., Чарковский А.В.</i> Исследование кулирного одинарного гибридного трикотажа плюшевых переплетений	141
Химия и технология отделки и модификации	
<i>Амонов М.Р., Ибрагимова Ф.Б., Амонова М.М., Ниёзов А.К., Ганиев Б.Ш.</i> Загущающие полимерные композиции для набивки хлопчатобумажной ткани	150
<i>Бабаханова Х.А., Абдуназаров М.М., Шин И.Г., Галимова З.К.</i> Управление режимными параметрами самонаклада при печати на бумаге с малой плотностью	157
<i>Калинин Е.Н., Ершов С.В., Кокиаров С.А., Лепилова О.В.</i> Биомодификация льноволокнистого наполнителя для пропитки жидким связующим	165
Швейное производство	
<i>Руднева Т.В., Привалов А.А., Базаев Е.М., Зарецкая Г.П., Тамбовцева Е.П.</i> Получение математической модели плоской развертки полусферической армирующей оболочки	176
Текстильные машины и агрегаты	
<i>Алламуратова Т.К.</i> Разработка эффективной конструкции расправителя для оттяжки трикотажного полотна на круглооборотных машинах	183
<i>Мухаммадиев Д.М., Эргашев И.О.</i> Расчет радиальной и тангенциальной скорости сырцового валика в рабочей камере пильного джина	191
Автоматизация и информационные технологии	
<i>Лабудин Б.В., Попов Е.В., Гетман Д.В., Столыпин Д.А., Румянцева В.Е.</i> Методика расчета устойчивости ребристых панелей с учетом температурно-влажностного режима технологий текстильного производства	199
<i>Макаренко А.Е., Педа А.С.</i> Разработка архитектуры приложения для проектирования ткацких узоров для ткачества на дощечках	209
Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика	
<i>Румянцева В.Е., Красильников И.В., Красильникова И.А., Новикова У.А., Строкин К.Б.</i> Изменение несущей способности строительных конструкций предприятий текстильной и легкой промышленности	218

Техническая эстетика и дизайн

<i>Гаджибекова И.А.</i> Сравнительная характеристика костюмных комплексов лезгинской группы народов	228
---	-----

Композиты на волокнистой основе

<i>Панин М.И., Гареев А.Р., Корчинский Н.А., Радайкин Д.А., Слюсарев А.А.</i> Разработка технологии армирования углерод-углеродных композиционных материалов методом разверток намоток мотальных паковок заданной структуры	235
<i>Гречухин А.П., Рудовский П.Н., Хабибуллоев А., Куликов А.В., Старинец И.В.</i> Разработка новых пространственно-армированных материалов на базе технологии многоугольного 3D-ортогонального ткачества	243

CONTENTS

Economics and Production Planning

<i>Filatov V.V., Mishakov V.Yu., Skrylnikova O.A., Buzulutskaya M.V., Samsonova V.V., Marien L.S.</i> Modern Problems of Managing Changes in the State Programm «Development of Competitiveness of Textile and Light Industry» of the Ministry of Industry And Trade of Russia	5
<i>Mammadova H.F., Mammadov F.A., Tashpulatov S.S., Alieva Sh.Ya., Abdieva G.Z., Mamedova Q.R.</i> Strategy of Market Management in the Transition Period	18
<i>Shakhova I.Y., Onopyuk E.Y., Speransky S.N., Lodoin U.</i> Issues of the Textile Industry Digitalization: Regional Aspect	23
<i>Erlygina E.G., Eliseeva E.N.</i> Implementation of CRM-System At Textile Industry Enterprises	29
<i>Zemskov V.V., Prasolov V.I., Petrenko M.T.</i> Mechanism For Ensuring Financial Security of Textile Industry Enterprises	32
<i>Utkin A.I., Speransky S.N., Ryabova O.N., Amarjargalan T.</i> Cross-Functional Management of the Performance of a Textile Enterprise Business Processes Using the Balanced Scorecard	42
<i>Kaydashova A.K., Sizganova E.Yu., Ashin A.A.</i> Formation of the Conceptual Foundations for the Development of a Tourist Brand in the Field of Light Industry	50
<i>Oborin M.S.</i> Prospects for Market Integration of Russian Textile Industry Enterprises	58
<i>Mammadova N.O., Musayeva V.H., Neymatova U.V.</i> Analysis of Environmental Innovative Technologies Priority and the Multidimensionality of Monitoring for Environment and Security of Consumer Goods ...	63

Materials

<i>Gusev B.N., Matrokhin A.Yu., Gruzintseva N.A., Lysova M.A.</i> Quality Assurance of Technical Textile for the Manufacture of Building Products at Different Stages of the Life Cycle	69
<i>Sukkari A.R., Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Bulanov Ya.I.</i> Evaluation of Fabrics for Special Purpose Physical Properties for Protection Against General Industrial Contamination after Multiple Washings	78
<i>Parpiev H., Gafurov A.B., Lastochkin P.D., Parpieva N.X.</i> Superhydrophobic Cotton Fabric for Filtration of Oil-Water Mixtures	83
<i>Gainutdinov R.F., Khammatova V.V.</i> Improving the Quality of Workwear Made of Nanostructured Clothing Leather Materials	92
<i>Khammatova E.A.</i> Investigation of the Tearing Load of Nanostructured Materials for Manufacturing Workwear	98
<i>Marushchak Yu.I., Yasinskaya N.N., Petyul I.A.</i> Development of Quality Indicators Nomenclature and Evaluation of Eco-Leather Properties	103

<i>Plekhanova S.V., Vinogradova N.A.</i> Investigation of Reliability Characteristics of Cotton Yarn from Secondary Raw Materials	111
<i>Razin S.N., Pashin E.L., Orlov A.V., Ovcharenko A.S.</i> Justification of Rational Conditions for Sample Clamping Bast Fibers During Standardized Tensile Strength Testing	117
<i>Spiridonova V.G., Tsirkina O.G.</i> Study of Fire-Hazardous Properties of Fabrics Made of Cellulose Fibers by Thermal Analysis Methods	123

Preliminary Treatment. Spinning

<i>Nuriyev M.N.</i> Analysis of the Preparation of Raw Cotton in the Feeder Litter Cleaner	129
<i>Olenina I.V., Shustov Yu.S., Zinovyev V.P., Rubtsov V.I., Timoshenko A.N., Isaev O.V., Seitova A.G.</i> Calculation of Bulk Density and Cotton Yarn Diameter Depending on Twist Coefficient	135

Technology of Textile Products

<i>Bykouski D.I., Charkovskij A.V.</i> Research of Single Hybrid Plush Jersey Fabrics	141
---	-----

Chemistry and Technology of Finishing and Modification

<i>Amonov M.R., Ibragimova F.B., Amonova M.M., Niyozov A.K., Ganiev B.Sh.</i> Thickening the Polymer Composition for Printing on Cotton Fabric	150
<i>Babakhanova H.A., Abdunazarov M.M., Shin I.G., Galimova Z.K.</i> Management of Self-Feeder Mode When Printing on Paper with Low Density	157
<i>Kalinin E.N., Ershov S.V., Koksharov S.A., Lepilova O.V.</i> Biomodification of Flax Fiber Filler for Impregnation with Liquid Binder	165

Sewing

<i>Rudneva T.V., Privalov A.A., Bazaev E.M., Zaretskaya G.P., Tambovtseva E.P.</i> Obtaining a Mathematical Model of a Hemispherical Reinforcing Shell Flat Development	176
---	-----

Textile Machines and Aggregates

<i>Allamuratova T.K.</i> Development of an Efficient Design of the Straightener for Stretching the Knitted Fabric on Purl Circular Machines	183
<i>Mukhammadiev D.M., Ergashev I.O.</i> Calculation of Radial and Tangential Velocities of the Raw Cotton Roller in the Working Chamber of a Saw Gin	191

Automation and Information Technologies

<i>Labudin B.V., Popov E.V., Getman D.V., Stolypin D.A., Rumyantseva V.E.</i> Calculation Method of Ribbed Panels Stability Considering the Temperature and Humidity Conditions of Textile Production Technologies	199
<i>Makarenko A.E., Peda A.S.</i> Development of the Application Architecture for the Design of Weaving Patterns for Weaving on Boards	209

Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

<i>Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Krasilnikova I.A., Novikova U.A., Strokin K.B.</i> Changing the Bearing Capacity of Building Structures of Textile and Light Industry Enterprises	218
--	-----

Technical Aesthetics and Design

<i>Gadzhibekova I.A.</i> Comparative Characteristics of Costume Complexes of the Lezgin Group of Peoples ..	228
---	-----

Fiber-based Composites

<i>Panin M.I., Gareev A.R., Korchinsky N.A., Radaykin D.A., Slyusarev A.A.</i> Development of Technology for Reinforcement of Carbon – Carbon Composite Materials by the Method of Unwinding Windings of Given Structure Winding Packages	235
<i>Grechukhin A.P., Rudovsky P.N., Habibulloev A., Kulikov A.V., Starinets I.V.</i> Development of New Spatially Reinforced Materials Based on 3D Orthogonal Fabric Technology	243