

Министерство образования и науки
Российской Федерации

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 2 (380)
2019**

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

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

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

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

Издание Ивановского государственного политехнического университета

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: *Е.В. РУМЯНЦЕВ (д.х.н.).*
Первый заместитель главного редактора: *С.В. ФЕДОСОВ (академик РААСН, д.т.н., проф.).*

Заместители главного редактора:

*Ю.В. БАБИН (д.х.н., проф.), Б.Н. ГУСЕВ (д.т.н., проф.), А.Г. МАКАРОВ (д.т.н., проф.),
П.Б. РАЗГОВОРОВ (д.т.н., проф.), К.Э. РАЗУМЕЕВ (д.т.н., проф.).*

Члены редколлегии:

Н.М. АШНИН (д.т.н., проф.), *М.Г. БАЛЫХИН (д.э.н., проф.), Н.П. БЕСЧАСТНОВ (д.иск., проф.),
М.М. БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ (д.т.н., проф.), В.Н. БЛИНИЧЕВ (д.т.н., проф.), В.Ф. ГЛАЗУНОВ (д.т.н., проф.),
С.Г. ДЕМБИЦКИЙ (д.э.н., проф.), В.А. ЗАВАРУЕВ (д.т.н., проф.), Е.Н. КАЛИНИН (д.т.н., проф.),
О.В. КАЩЕЕВ (к.п.н., проф.), А.М. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.), М.В. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.),
Н.В. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.), Ж.Ю. КОЙТОВА (д.т.н., проф.), А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ (д.т.н., проф.),
Н.Л. КОРНИЛОВА (д.т.н., проф.), В.Е. КУЗЬМИЧЕВ (д.т.н., проф.), Н.А. КУЛИДА (д.т.н., проф.),
В.Е. МИЗОНОВ (д.т.н., проф.), А.П. МОРЫГАНОВ (д.т.н., проф.), Е.Н. НИКИФОРОВА (д.т.н., проф.),
С.Д. НИКОЛАЕВ (д.т.н., проф.), *О.И. ОДИНЦОВА (д.т.н., проф.), Е.Л. ПАШИН (д.т.н., проф.),
И.А. ПЕТРОСОВА (д.т.н., проф.), А.Б. ПЕТРУХИН (д.э.н., проф.), А.Ф. ПЛЕХАНОВ (д.т.н., проф.),
Л.П. РОВИНСКАЯ (д.т.н., проф.), В.Е. РОМАНОВ (д.т.н., проф.), С.П. РУДОБАШТА (д.т.н., проф.),
П.Н. РУДОВСКИЙ (д.т.н., проф.), В.Е. РУМЯНЦЕВА (д.т.н., проф.), В.В. САФОНОВ (д.т.н., проф.),
П.А. СЕВОСТЬЯНОВ (д.т.н., проф.), Н.А. СМИРНОВА (д.т.н., проф.), Г.Г. СОКОВА (д.т.н., проф.),
А.Н. СТРЕЛЮХИНА (д.т.н., проф.), С.Ш. ТАШПУЛАТОВ (д.т.н., проф.), А.А. ТЕЛИЦЫН (д.т.н., проф.),
В.Н. ФЕДОСЕЕВ (д.т.н., проф.), Н.М. ФИЛИМОНОВА (д.э.н., проф.), А.В. ФИРСОВ (д.т.н., проф.),
Л.П. ШЕРШНЕВА (д.т.н., проф.), Ю.С. ШУСТОВ (д.т.н., проф.), В.П. ЩЕРБАКОВ (д.т.н., проф.),
С.С. ЮХИН (д.т.н., проф.).**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ (д.с.н., проф.), А.В. ДЕМИДОВ (д.т.н., проф.),
К.И. КОБРАКОВ (д.т.н., проф.), А.Р. НАУМОВ (д.х.н., проф.),
А.П. СОРКИН (д.т.н., проф.).*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*

*Адрес редакции: 153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.
Тел.: (4932) 41-75-02. Факс: (4932) 41-50-88.
E-mail: ttp@ivgpi.com
<http://ttp.ivgpi.com>*

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 02.04.2019.
Подписано в печать 29.04.2019. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 26,51;
Усл. кр.-отт. 26,76. Заказ 2743.

Тираж 400 экз.

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

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

© "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", 2019

Ministry of Education and Science
of Russian Federation

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**TEXTILE
INDUSTRY
TECHNOLOGY**

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR

**№ 2 (380)
2019**

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.).
First deputy of chief editor: S.V. FEDOSOV (acad. RAACS, d.en.s., prof.).

Deputy editors:

YU.V. BABIN (d.ch.s., prof.), B.N. GUSEV (d.en.s., prof.), A.G. MAKAROV (d.en.s., prof.),
P.B. RAZGOVOROV (d.en.s., prof.), K.E. RAZUMEEV (d.en.s., prof.).

Editorial board members:

N.M. ASHNIN (d.en.s., prof.), M.G. BALYKHIN (d.ec.s., prof.), N.P. BESCHASTNOV (d. of arts, prof.),
M.M. BLAGOVESHCHENSKAYA (d.en.s., prof.), V.N. BLINICHEV (d.en.s., prof.), V.F. GLAZUNOV (d.en.s., prof.),
S.G. DEMBITSKY (d.ec.s., prof.), V.A. ZAVARUEV (d.en.s., prof.), E.N. KALININ (d.en.s., prof.),
O.V. KASHCHEEV (c.ps.s., prof.), A.M. KISELEV (d.en.s., prof.), M.V. KISELEV (d.en.s., prof.),
N.V. KISELEV (d.en.s., prof.), ZH.YU. KOYTOVA (d.en.s., prof.), A.R. KORABELNIKOV (d.en.s., prof.),
N.L. KORNILOVA (d.en.s., prof.), V.E. KUZMICHEV (d.en.s., prof.), N.A. KULIDA (d.en.s., prof.),
V.E. MIZONOV (d.en.s., prof.), A.P. MORYGANOV (d.en.s., prof.), E.N. NIKIFOROVA (d.en.s., prof.),
S.D. NIKOLAEV (d.en.s., prof.), O.I. ODINTSOVA (d.en.s., prof.), E.L. PASHIN (d.en.s., prof.),
I.A. PETROSOVA (d.en.s., prof.), A.B. PETRUKHIN (d.ec.s., prof.), A.F. PLEKHANOV (d.en.s., prof.),
L.P. ROVINSKAYA (d.en.s., prof.), V.E. ROMANOV (d.en.s., prof.), S.P. RUDOBASHTA (d.en.s., prof.),
P.N. RUDOVSKY (d.en.s., prof.), V.E. RUMYANTSEVA (d.en.s., prof.), V.V. SAFONOV (d.en.s., prof.),
P.A. SEVOSTYANOV (d.en.s., prof.), N.A. SMIRNOVA (d.en.s., prof.), G.G. SOKOVA (d.en.s., prof.),
A.N. STRELYUKHINA (d.en.s., prof.), S.SH. TASHPULATOV (d.en.s., prof.), A.A. TELITSYN (d.en.s., prof.),
V.N. FEDOSEEV (d.en.s., prof.), N.M. FILIMONOVA (d.ec.s., prof.), A.V. FIRSOV (d.en.s., prof.),
L.P. SHERSHNEVA (d.en.s., prof.), YU.S. SHUSTOV (d.en.s., prof.), V.P. SHCHERBAKOV (d.en.s., prof.),
S.S. YUKHIN (d.en.s., prof.).

EDITORIAL COUNCIL

V.S. BELGORODSKY (d.soc.s., prof.), A.V. DEMIDOV (d.en.s., prof.),
K.I. KOBRAKOV (d.en.s., prof.), A.R. NAUMOV (d.ch.s., prof.),
A.P. SORKIN (d.en.s., prof.).

Executive secretary S.L. KHALEZOV

Address: 153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21.
Tel.: +7(4932)41-75-02, fax: +7(4932)41-50-88.
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 02.04.2019.
Signed for printing on 29.04.2019. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 26.51 conventional sheets.
26.76 conventional. Order 2743.

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 332.12

**ТЕКСТИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ
В СИСТЕМЕ СДЕРЖИВАЮЩИХ И СТИМУЛИРУЮЩИХ
ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ**

**TEXTILE INDUSTRY OF THE RYAZAN REGION
IN THE SYSTEM OF CONSTRAINTS AND STIMULATING
DEVELOPMENT FACTORS**

И.Н. ГРАВШИНА, Н.И. ДЕНИСОВА

I.N. GRAVSHINA, N.I. DENISOVA

(Рязанский филиал Московского университета имени С.Ю. Витте)

(Moscow Witte University (Ryazan branch))

E-mail: nemograf@mail.ru; dezar@mail.ru

В статье дана оценка текущего состояния и тенденций развития швейно-текстильной промышленности в России. Основное внимание уделено особенностям швейной отрасли в Рязанской области. Авторы раскрывают предпосылки и целесообразность развития отрасли в регионе, основываясь на актуальной взаимосвязи развитой перерабатывающей промышленности с современными тенденциями в текстильной сфере. В статье представлена авторская система факторов, определяющих развитие текстильной промышленности в регионе.

In article an assessment of current state and tendencies of development of the sewing and textile industry in Russia is given. The main attention is paid to features of sewing branch in the Ryazan region. Authors open prerequisites and expediency of development of branch in the region, based on relevant interrelation of the developed processing industry with current trends in the textile sphere. The author's system of the factors defining development of the textile industry in the region is presented in article.

Ключевые слова: текстильная промышленность, швейное производство, система факторов, региональные особенности развития отрасли.

Keywords: textile industry, sewing production, system of factors, regional characteristics of the industry development.

Швейная промышленность наряду с текстильной представляет группу отраслей легкой промышленности, роль которой сегодня, безусловно, возрастает в связи с расширением сферы применения продукции данных отраслей. Однако усиление роли отрасли вовсе не означает ее соответствующего развития и процветания.

По некоторым оценкам, вклад швейно-текстильного производства в ВВП экономики страны за последние годы практически не изменился и составил в 2016 г. 0,22%. При этом динамика индекса производства швейно-текстильной отрасли наглядно характеризует ее состояние (рис. 1).

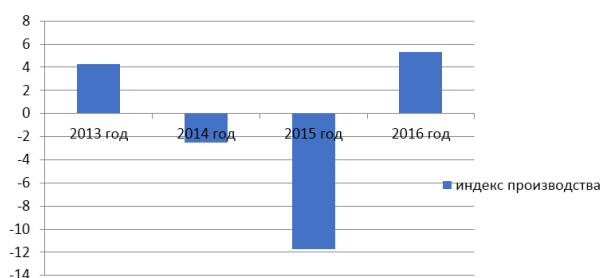


Рис. 1

Оценивая динамику производства отдельных видов продукции, можно отметить, что резкий спад наблюдался в 2014 г., когда имели место кризисные явления в отечественной экономике. Так, в 2014-2015 гг. объем

производства резко сократился и лишь в 2016 г. удалось преодолеть эту негативную тенденцию.

Соответственно это отразилось и на финансовых результатах деятельности хозяйствующих субъектов отрасли, сальдированный финансовый результат которых в 2014 г. составлял 2100 млн. руб., что на 4701 млн. руб. меньше, чем в предыдущем. Если оценивать эффективность деятельности, то показатель рентабельности продукции крупных и средних предприятий с 2013 по 2016 гг. увеличился на 5,86% и составил 8,89% [1].

Таким образом, динамика различных показателей деятельности швейно-текстильной сферы наглядно характеризует вектор развития отрасли и показывает тесную связь с общей экономической ситуацией в стране.

При общей оценке состояния текстильно-швейного производства можно отметить, что за последние 6 лет наблюдается положительная динамика производства тканей в целом (темп прироста объема производства составил 34,46% – с 2010 по 2015 гг.). Структурная оценка динамики прироста объема текстильного производства, представленная в табл. 1, свидетельствует о наращивании объемов производства синтетических материалов.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	Годы	2013	2014	2015
Ткани, всего:				
в том числе:		4,83	-4,06	13,39
- хлопчатобумажные		-5,62	-6,1	-8,94
- шерстяные		-9,22	-8,59	-5,98
- льняные		-17,86	-16,71	-17,52
- шелковые		-13,14	26,32	35,42
- синтетическая и искусственная ткань		43,75	48,21	37,02
- нетканый материал		9,08	-3,25	23,08

Так, в 2013 г. прирост объема производства тканей из синтетических и искусственных волокон составил 43,75% по сравнению с предыдущим годом. Следующий год охарактеризовался практически отсутствием динамики, а в 2015 г. прирост составил 37,02%. Прирост объема производства в 2014 и 2015 гг. наблюдается также по

натуральным и шелковым тканям – 26,32 и 35,42% соответственно [2].

Структура производства по видам текстиля в 2016 г., представленная на рис. 2 (расчет по данным Росстата, стр. 182), наглядно демонстрирует преобладание нетканого материала с удельным весом 67,92%, при этом доля хлопчатобумажных тканей сос-

тавляет 24,75%, что на 9,53% меньше, чем в 2011 г. Доля льняных тканей за аналогичный период сократилась вдвое.



Рис. 2

Таким образом, производство натуральных тканей в России с каждым годом уменьшается, что соответствует мировой тенденции замещения натуральных тканей синтетическими материалами. Сложившаяся ситуация оценивается экспертами как положительный фактор в развитии швейно-текстильной отрасли в нашей стране в связи с наличием развитых нефтедобывающих и перерабатывающих комплексов, формирующих тем самым конкурентные преимущества отрасли.

Рязанская область является регионом, для которого основой экономического потенциала выступает промышленность с высокой долей нефтепереработки. Соответственно создание и развитие швейной отрасли в регионе в части производства синтетических материалов является оправданным и целесообразным. Кроме того, Рязанская область исторически связана со швейным производством, предприятия которого, как правило, располагались в областном и муниципальных центрах.

В настоящее время швейная промышленность Рязанской области находится в состоянии упадка; предприятия, созданные до 90-х гг., прекратили свое существование. Отрасль в регионе представлена преимущественно малым бизнесом. Доля текстильной и швейной промышленности Рязанского региона от общероссийского производства составляет 0,61%. Несмотря на то, что в ней занята основная часть работающих в легкой промышленности (порядка 7 тыс. чел.) и данный вид деятельности выпускает конечный товар, ее доля в объе-

ме отгрузки обрабатывающих производств составляет около 1%, а в налоговых отчислениях в консолидированный бюджет области – 0,4%.

Важно понимать причины, которые привели отрасль в состояние упадка. С одной стороны, регион развивается в рамках общеэкономической и политической ситуации в стране, принимая на себя происходящие изменения. С другой стороны, на отрасль влияют региональные особенности. В совокупности все эти факторы, так или иначе определяющие развитие или спад отрасли, можно представить в виде системы, элементы которой позволяют наметить направления ее развития [3].

На рис. 3 представлена разработанная нами система факторов, определяющих развитие швейной отрасли в Рязанском регионе. С точки зрения управляемости всю совокупность факторов традиционно можно представить в виде двух групп: внутренних и внешних. Оценивая все факторы комплексно, можно отметить, что большинство из них имеют отрицательное влияние на отрасль.

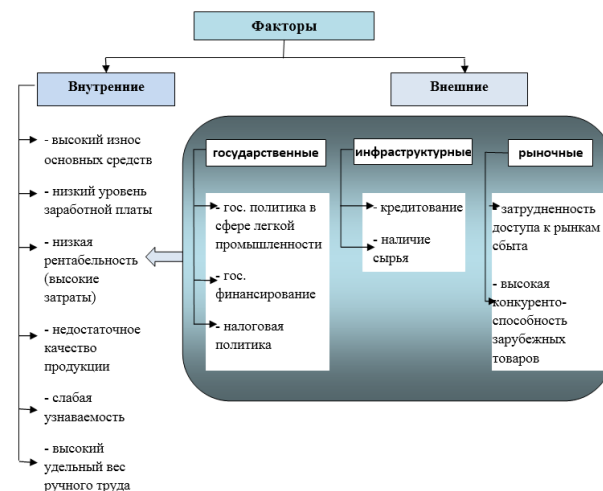


Рис. 3

Внутренние проблемы обусловлены, как правило, совокупным взаимным влиянием внешних факторов, таких как ограниченность рынков сбыта, связанная с преобладанием более конкурентоспособной европейской продукции и более дешевыми азиатскими товарами, недостаточный уровень государственного регулирования, исторически сложившимися условиями развития отрасли. Одной из основных проблем тек-

стильной отрасли сегодня, не позволяющей использовать имеющийся потенциал и перспективы развития, считается низкий уровень рентабельности и, как результат – неустойчивое финансовое положение хозяйствующих субъектов [4].

Таким образом, рассматривая текстильную промышленность Рязанской области через призму системы факторов, важно определить не только слабые стороны отрасли, но и взаимную связь различных групп факторов, что позволит разработать дальнейшие пути ее развития.

ВЫВОДЫ

1. Особенность хозяйствующих субъектов швейно-текстильной сферы в Рязанской области, характерная для большинства российских предприятий данной отрасли, заключается в том, что она удовлетворяет потребности преимущественно внутренних потребителей. Увеличение доли отечественных текстильных товаров на рынке будет способствовать снижению их цены, развитию хозяйствующих субъектов швейной отрасли, улучшению их финансового состояния.

2. Система факторов развития швейной отрасли определяет ее слабые стороны и основные направления ее развития. При этом прослеживается взаимная связь факторов, которая не позволяет хозяйствующим субъектам в настоящее время выйти из замкнутого круга высокозатратного ручного производства неконкурентоспособной продукции.

3. В целях развития швейной промышленности в Рязанском регионе необходимо обеспечить нивелирование влияния отрицательных факторов и усиление роли государства. Добиться наращивания масшта-

бов текстильного производства в регионе возможно путем развития малого бизнеса, обеспечивая ему доступ к рынкам сбыта, доступным финансово-кредитным ресурсам, оказывая государственную поддержку на уровне области. Это не только позволит обеспечить автоматизацию труда, повысить уровень конкурентоспособности продукции, но и создаст предпосылки для открытия новых предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бутов А.М.* Рынок продукции текстильного производства. – М.: Институт "Центр развития" Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, 2017.
2. *Марченко А.А., Павленко С.О.* Проблемы повышения конкурентоспособности российской текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №3. С.79...82.
3. Промышленное производство в России. 2016 // Статистический сборник. – М.: Росстат, 2016.
4. *Хрунова Т.Б.* Актуальные проблемы финансов текстильной отрасли // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №6. С.21...25.

REFERENCES

1. Butov A.M. Rynok produktsii tekstil'nogo proizvodstva. – M.: Institut "Tsentrazvitiya" Natsional'nyy issledovatel'skiy universitet Vysshaya shkola ekonomiki, 2017.
2. Marchenko A.A., Pavlenko S.O. Problemy povysheniya konkurentosposobnosti rossiyskoy tekstil'noy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №3. S.79...82.
3. Promyshlennoe proizvodstvo v Rossii. 2016 // Statisticheskiy sbornik. – M.: Rosstat, 2016.
4. Khrunova T.B. Aktual'nye problemy finansov tekstil'noy otrasli // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №6. S.21...25.

Рекомендована Советом Филиала в г. Рязани Московского университета имени С.Ю. Витте. Поступила 25.04.18.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ – КАК ОСНОВА СОЗДАНИЯ
АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ СЕРВИСА**

**DESIGNING BUSINESS PROCESSES - AS THE BASIS FOR CREATING
A SERVICE ENTERPRISE ARCHITECTURE**

В.Ю. МИШАКОВ

V.YU. MISHAKOV

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

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

E-mail: viktormishakov@rambler.ru

Статья посвящена рассмотрению особенностей, методов и алгоритмов проектирования бизнес-процессов сервисного предприятия – как основы создания его архитектуры. Отдельное внимание уделено этапам и принципам моделирования, также формализованы задачи построения архитектуры сервисного предприятия. Детально рассмотрены методы проектирования бизнес-процессов и построения соответствующих моделей согласно требованиям к гибкости архитектуры предприятия. Практическая реализация проектирования представлена на примере торгового предприятия.

The article is devoted to the consideration of features, methods and algorithms for designing business processes of a service enterprise as the basis for creating its architecture. Special attention is paid to the stages and principles of modeling, and the tasks of building the architecture of a service enterprise are also formalized. The methods of designing business processes and constructing appropriate models in accordance with the requirements for the flexibility of the enterprise architecture are considered in detail. Practical implementation of design is presented on the example of a commercial enterprise.

Ключевые слова: предприятие, бизнес-процесс, архитектура, проект.

Keywords: enterprise, business process, architecture, project.

Динамичное развитие современных рынков, постоянные изменения во внешней среде и рост конкуренции обуславливают необходимость поиска новых инструментов и методов управления субъектами хозяйствования. Рынок устойчиво нуждается в расширении управленческих задач, совершенствовании имеющихся и разработке новых приемов и методов [1]. Все это вызывает необходимость поиска перспективных путей развития процедур принятия управленческих решений. Одним из эффективных инструментов в данном случае является управление на основе бизнес-процессов предприятия.

Особую значимость управление на основе бизнес-процессов приобретает для предприятий, функционирующих в сфере предоставления различных сервисных услуг. Это обусловлено тем, что научно-техническая революция стимулирует выход на рынок широкого спектра услуг, связанных с информационными технологиями, компьютеризацией, новыми способами коммуникаций. Кроме этого, научно-технический прогресс снимает барьеры при передаче услуг на расстоянии, наделяя их международным характером [2].

Отдельно следует отметить, что рынок услуг стал привлекательным для предпри-

нимателей благодаря тому, что некоторые из них практически не требуют значительного стартового капитала. Это, с одной стороны, позволяет надеяться на быструю окупаемость инвестиций, что важно в нестабильных и турбулентных условиях рыночной среды. А с другой, развитие сервисных предприятий создает необходимые условия для использования труда высококвалифицированных работников, которые оказались под угрозой безработицы в условиях преодоления кризисных явлений в современном экономическом пространстве.

Таким образом, проектирование бизнес-процессов, которое является основой построения архитектуры сервисного предприятия, дает возможность реализовать интегрированный подход к его развитию с учетом внешних факторов, влияющих на его рост. Также оно помогает понять связь идеи и стратегии бизнеса с имеющимися ресурсами, с одной стороны, и быстро меняющимися предпочтениями потребителей и моделями поведения конкурентов с другой.

Изучение проблематики проектирования бизнес-процессов является актуальной научно-практической задачей, которая и предопределяет выбор темы данной статьи.

На сегодняшний день спектр методов и подходов к проектированию бизнес-процессов достаточно широк: начиная от простейших графических нотаций, используемых для построения блок-схем и алгоритмов, и таких математических аппаратов, как сети Петри, и до объектно-ориентированных языков моделирования, например, UML (Unified Modeling Language) и специально разработанных для описания бизнес-систем языков моделирования, например, XPDL (XML Process Definition Language) и BPEL (Business Process Execution Language).

Но вопрос сочетания различных методов проектирования и процессного подхода к анализу деятельности предприятия требует постоянного исследования и развития.

Таким образом, с учетом вышеизложенного можно отметить, что цель статьи заключается в исследовании особенностей и современных тенденций в проектировании бизнес-процессов – как основы для создания архитектуры предприятий сервиса.

Под архитектурой предприятия (в целом) и сервисного (в частности) понимают модель, которая является детальным описанием всех структурных частей и элементов предприятия, а также отношений между ними через призму процессного подхода, то есть в динамике [3].

Термин "архитектура предприятия" (Enterprise Architecture, EA) возник из-за необходимости рассмотрения предприятия как совокупности бизнес-процессов, имеющих различную структуру и стратегически разные цели.

Изучение литературных трудов отечественных и зарубежных ученых, а также собственный практический опыт позволяет выделить следующие особенности проектирования бизнес-процессов на сервисных предприятиях, которые определяют необходимость учета ряда важных требований:

- процессы должны отвечать современным требованиям к качеству, гибкости и низкой стоимости предоставления услуг предприятием, а также быть понятными. Несмотря на интеграцию, в бизнес-процессах должно соблюдаться требование простоты конкретной задачи;

- клиент процесса является индивидуумом или предприятием, которое непосредственно получает услугу или пользуется ею, клиент должен непосредственно участвовать в проектировании и совершенствовании процессов, это означает, что клиента следует больше вовлекать в процесс, его роль должна быть такой, будто он является частью процесса или организации. Эта интеграция возможна путем установления партнерских отношений с участниками процесса или с помощью привлечения внешних субъектов для выполнения некоторых частей процесса [4];

- создание нескольких версий процессов. Каждая версия процесса должна быть ориентирована только на одну соответствующую ей ситуацию (случай);

- ориентация на повышение автономности процессов путем активизации тенденций децентрализации с одновременным углублением централизации обмена данными. При расширении децентрализации при проектировании бизнес-процессов увеличи-

ваются полномочия по принятию решений ответственных за процесс, что приводит к повышению автономности и снижению бюрократизации в управлении [5];

- создание централизованного банка данных, который способен обеспечить оперативный доступ руководителей или участников процессов к необходимой информации, а также расширить возможности использования новейших информационных технологий, чтобы обеспечить принятие эффективных управленческих решений;

- направленность на уменьшение временных параметров процессов. Сокращение длительности процесса – один из ключевых критериев его оптимизации, который направлен прежде всего на повышение производительности и результативности процесса;

- привлечение в бизнес-процесс как можно меньшего количества ресурсов. Ключевой задачей здесь является высвобождение работников и совмещение различных функций, в результате чего целые подразделения выводятся за пределы процесса [6].

Основные этапы и принципы проектирования бизнес-процессов можно описать следующим образом.

Вначале строится стратегическая бизнес-архитектура, цель которой сформировать социально-ориентированную стратегическую модель предприятия. Корпоративная стратегия обозначает ключевые направления функционирования и развития предприятия, предопределяя тем самым долгосрочные цели и задачи.

На втором этапе формализуется тактическая бизнес-архитектура, которая включает в себя два подуровня. Институциональный подуровень определяется юридической формой предприятия, его позиционированием на рынке, выбранными системами управления (система принятия решений, мотивация, планирование и контроль). Важным для развития предприятия и достижения определенных успехов является второй подуровень, который строится на основе процессной модели, то есть предполагает описание его бизнес-процессов. Эта модель, в свою очередь, предопределяет экономическую (модель доходов и расходов) и организационную (структура, иерархия, сопод-

чиненность и функции подразделений) модели предприятия.

Тактическая бизнес-архитектура строится с учетом миссии, стратегии развития и долгосрочных целей. Она формализует необходимые бизнес-процессы, материальные и информационные потоки, а также организационную структуру и поддерживает их. Производной от тактической бизнес-архитектуры является архитектура информационных технологий или системная архитектура, которая определяет совокупность технологических, методологических и технических решений, необходимых для обеспечения информационной поддержки деятельности предприятия. Системная архитектура включает в себя техническую архитектуру, архитектуру данных и архитектуру приложений.

Рассмотрим более подробно практические аспекты проектирования бизнес-процессов. Построение архитектуры сервисного предприятия на основе проектирования бизнес-процессов предполагает решение следующих задач.

1. Определение средств для построения сети моделей бизнес-процессов.

2. Разработка подхода к интеграции блоков принятия решений на основе методов искусственного интеллекта в модели сети бизнес-процессов.

3. Разработка совместных онтологий для правильной интерпретации фактов и событий системой проектирования бизнес-процессов.

4. Разработка системы проектирования интеллектуальной информационной сети, представленной как сеть бизнес-процессов.

Как было отмечено ранее, сегодня существуют комплексы средств для построения моделей бизнес-процессов, которые содержат как специализированные языки моделирования с соответствующей нотацией, правилами построения и использования моделей, так и программные средства моделирования.

Современные методологии проектирования называют "архитектурой моделирования" (Architecture Framework), которые предлагают готовые сценарии построения моделей с небольшим диапазоном выбора но-

таций [7]. Примерами такой архитектуры моделирования являются DODAF, TOGAF, методы выстраивания архитектуры предприятия, базирующиеся на концепции EAP (Enterprise Architecture Planning) и другие.

В табл. 1 приведена классификация су-

ществующих в настоящее время методов проектирования бизнес-процессов и разработки их соответствующих моделей в зависимости от целей, этапов проектирования и требований к гибкости прогнозируемой архитектуры предприятия.

Т а б л и ц а 1

		Цели проектирования			
		Построение стратегической архитектуры	Построение тактической архитектуры	Мониторинг и контроль бизнес-процессов	Автоматизация бизнес-процессов
Гибкость архитектуры (способность вносить изменения)	Активная архитектура	Интегрированная методология GRAI (Graph with Results and Activities Interrelated)			
		Workflow			
		UML (Unified Modeling Language) – унифицированный язык моделирования			
		OOT (OO Technique) – объектно-ориентированная техника			
		OMT (Object Modelling Technique) – техника объектного моделирования			
		OOA/OOD (OOAnalysis / OODesign) – объектно-ориентированное проектирование и анализ			
		OOD (Object Oriented Design) – объектно-ориентированный дизайн			
		IDEF3		CPN (Coloured Petri nets) – цветные сети Петри	
	Пассивная архитектура	Диаграмма Ганта	SSM (Soft System Methodology) – методология мягких систем		
			IDEF3		
			IDEF0		
			RID (Role Interaction Diagrams) – диаграммы взаимодействия ролей		
			DFD (Data Flow Diagramming) – схемы информационных потоков		
			RAD (Role Activity Diagrams) – диаграммы ролевых действий		
	Блок-схема		Диаграмма Ганта		

С применением стандарта IDEF0, основой которого является графическое представление (графический язык описания) бизнес-процессов и совокупность иерархически взаимосвязанных диаграмм, каждая из которых представляет собой структурную

единицу представленной модели, для типичного предприятия торговли – яркого представителя сферы услуг, построим фрагмент бизнес-процессов по обслуживанию потребителей товаров (рис. 1).

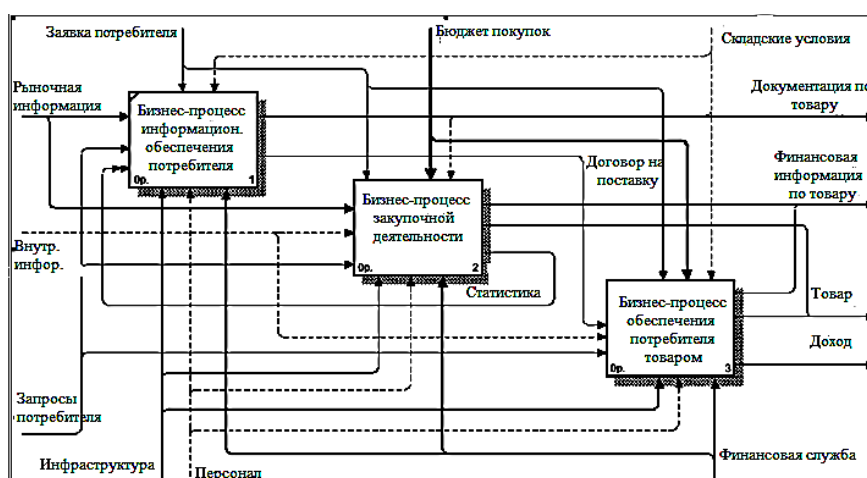


Рис. 1

Так, на верхнем уровне процессной модели расположен главный блок – "бизнес-процессы торговой компании". Этот блок был декомпозирован на три вложенных уровня: информационное обеспечение потребителя, закупочная деятельность и обеспечение клиентов товарами.

Каждый бизнес-процесс имеет вход, выход, управление и механизм. Блоки связаны между собой другими иерархическими уровнями с помощью, так называемых, интерфейсных дуг, которые позволяют определять процессы, происходящие в системе.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги проведенному исследованию, можно сделать следующие выводы. Важную роль в процессе формирования архитектуры сервисного предприятия играет проектирование бизнес-процессов. Обеспечение соответствия между ключевыми бизнес-процессами и архитектурой предприятия является важнейшей составляющей его эффективного функционирования и конкурентоспособного позиционирования на рынке. Составляемые проекты бизнес-процессов могут быть описательными, качественными или количественными, но в основе всех лежит процесс планирования, который ориентирован на создание архитектуры для поддержки бизнеса предприятия, а также на разработку плана реализации воплощения этой архитектуры. При этом предполагается, что созданию архитектуры предприятия предшествует разработка бизнес-стратегии, которая включает миссию, бизнес-цели и способы их достижения. В процессе исследования автором детализированы методы проектирования бизнес-процессов и построения соответствующих моделей. Также на примере торгового предприятия спроектирован фрагмент его архитектуры через детализацию бизнес-процессов взаимодействия с потребителем путем идентификации и удовлетворения его потребностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев С.П. Использование информационных технологий для повышения эффективности управления бизнес-процессами организации // Форум молодых ученых. – 2017, №2(6). С. 106...109.

2. Ковалева Н. Обеспечение качества обслуживания в сервисных предприятиях // Экономика и предпринимательство. – 2017, №7. С. 477...480.

3. Терешкова А. Методика построения целевой архитектуры предприятия на основе анализа бизнес-потребностей // Молодежный научный форум: технические и математические науки. – 2017, №5. С. 91...99.

4. Жирных Е.О. Применение методики построения моделей бизнес-процессов с использованием BPMN для сервисных предприятий // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2016, №6. С. 54...58.

5. Шведенко В.Н., Щекочихин О.В. Архитектура интегрированной информационной системы, обеспечивающая свойство поведения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. Т. 16, №6. С. 1078...1080.

6. Моргулец О.Б., Папенко Л.М. Инновационные клиентоориентированные системы в сфере услуг // Black Sea Scientific Journal of Academic Research. – 2014. Т. 17, №10. С. 9.

7. Ефремова Л.И. Моделирование архитектуры предприятия // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017, №3(97). С. 3.

REFERENCES

1. Kiselev S.P. Ispol'zovanie informatsionnykh tekhnologiy dlya povysheniya effektivnosti upravleniya biznes-protsessami organizatsii // Forum molodykh uchenykh. – 2017, №2(6). S. 106...109.

2. Kovaleva N. Obespechenie kachestva obsluzhivaniya v servisnykh predpriyatiyakh // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2017, №7. S. 477...480.

3. Tereshkova A. Metodika postroeniya tselevoy arkhitektury predpriyatiya na osnove analiza biznes-potrebnostey // Molodezhnyy nauchnyy forum: tekhnicheskies i matematicheskie nauki. – 2017, №5. S.91...99.

4. Zhirnykh E.O. Primenenie metodiki postroeniya modeley biznes-protsessov s ispol'zovaniem BPMN dlya servisnykh predpriyatij // Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh tekhnologiy. – 2016, №6. S. 54...58.

5. Shvedenko V.N., Shchekochikhin O.V. Arkhitektura integrirovannoy informatsionnoy sistemy, obespechivayushchaya svoystvo povedeniya // Nauchno-tekhnicheskyy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. – 2016. T. 16, №6. S. 1078...1080.

6. Morgulets O.B., Papenko L.M. Innovatsionnye klientoorientirovannye sistemy v sfere uslug // Black Sea Scientific Journal of Academic Research. – 2014. T. 17, №10. S. 9.

7. Efremova L.I. Modelirovanie arkhitektury predpriyatiya // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy zhurnal. – 2017, №3(97). S. 3.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса.
Поступила 11.05.18.

**НЕМАТЕРИАЛЬНЫЕ МЕРЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ
ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЦ,
РАБОТАЮЩИХ В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**INTANGIBLE MEASURES TO PROMOTE
THE LABOR ACTIVITY OF PERSONS
WORKING IN THE LIGHT INDUSTRY**

A.S. БАКАЕВА, С.Н. МАМЕДОВ, И.В. ПОГОДИНА

A.S. BAKAEVA, S.N. MAMEDOV, I.V. POGODINA

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

(Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs)

E-mail: bakaeva.1912@mail.ru; sabir-40@mail.ru; irinapogodina@mail.ru

В статье предлагаются методы нематериальной мотивации, которые могут быть применены в текстильной отрасли. Делается вывод об обоснованности расширения нематериальной мотивации в настоящее время.

The article suggests methods of non-material motivation that can be applied in the textile industry. A conclusion is made about the validity of the expansion of non-material motivation at the present time.

Ключевые слова: текстильная промышленность, мотивация, нематериальные стимулы.

Keywords: textile industry, motivation, intangible incentives.

Успех организации во многом зависит от уровня производительности ее сотрудников, который в свою очередь связан с личными способностями и мотивацией. На фоне экономического спада, повышения цен, снижения уровня заработной платы, уменьшения экономической и деловой активности, снижения покупательской способности населения многие работодатели все чаще задумываются о способах побуждения работников к эффективному труду без ущерба для производства и бюджета предприятия. Вариации методов нематериального стимулирования становятся весьма актуальными.

Нематериальное поощрение регулируется Трудовым кодексом РФ (ст. 191) не подробно: работодатель объявляет благодарность, награждает почетной грамотой, представляет к званию лучшего по профессии [8].

Другие виды поощрений работников за труд определяются коллективным договором или правилами внутреннего трудового

распорядка, а также уставами и положениями о дисциплине. За особые трудовые заслуги перед обществом и государством работники могут быть представлены к государственным наградам.

Анализ современного состояния легкой промышленности показал, что при наличии положительных тенденций в ее развитии остаются проблемы, негативно влияющие на ее экономический рост и финансовую устойчивость. Одной из основных проблем, требующих решения, является социальная и кадровая проблема, проявляющаяся в дефиците высококвалифицированных специалистов, управленческих кадров, основных и вспомогательных рабочих.

Для обеспечения стабильности кадрового состава и привлечения молодых специалистов необходимо создать благоприятную среду, в том числе разработать систему нематериального стимулирования.

Некоторые нормативные правовые акты, как российские, так и международные, принятые в советское время относительно установления различных видов нематериального стимулирования работников легкой промышленности, не потеряли своей актуальности и не отменены до сих пор.

Так, в Женеве 22 июня 1937 г. была принята Конвенция № 61 "О сокращении рабочего времени в текстильной промышленности". В ней указывалось, что к лицам, занятым на любом предприятии, в любом филиале, которые отвечают условиям, определенным в ст. 1 Конвенции, применяется принцип о сокращении рабочего времени до сорока часов в неделю [4].

В 1957 г. по согласованию с ВЦСПС были приняты Типовые правила внутреннего трудового распорядка, которые предусматривали занесение в Книгу почета и на Доску почета портрета лучшего работника. Позже, в 1984 г., были также разработаны Типовые правила внутреннего распорядка, которые содержали аналогичную норму [5]. Данный вид нематериального поощрения не потерял своей актуальности на современном этапе развития трудовых отношений и используется предприятиями легкой промышленности.

В целях улучшения условий труда в производственных объединениях и на предприятиях текстильной, кожевенной, обувной и других отраслей легкой промышленности, повышения эффективности использования трудовых ресурсов и обеспечения выполнения задач по дальнейшему увеличению производства и повышению качества товаров народного потребления ЦК КПСС и Советом Министров СССР было принято Постановление от 01.03.1982 № 165 [6]. В пункте "в" ст. 14 предполагалось выделять для работников указанных организаций в первую очередь жилье, места в детских дошкольных учреждениях, улучшать организацию общественного питания, торговли и бытового обслуживания.

В подавляющем большинстве наших ежедневных действий мы руководствуемся привычками, установленными мотивационными процессами, которые были активны много лет назад.

На наш взгляд, в сфере легкой промышленности актуально расширить перечень поощрений, данный в Трудовом кодексе РФ и указанных выше нормативных актах, дополнив его новыми, требующими небольших затрат со стороны работодателя, но заметно стимулирующих работников. Рекомендации исследователей и практиков должны обеспечить общую платформу для различных предприятий текстильной промышленности. Полезным будет и обращение к зарубежному опыту [3], [9].

Одним из видов поощрений является публикация о работнике в газете, журнале, каталоге организации. В указанных изданиях можно описывать не только продукцию, выпускаемую предприятием, а также жизнедеятельность самой организации, рассказывать о "передовиках производства" и их достижениях, трудовых династиях. Аналогом печатного издания может быть сайт предприятия.

В легкой промышленности поощрение работников основано на перевыполнении планов, то есть изготовлении определенного количества продукции за некоторое время. Хорошим стимулом для лучших работников будет гибкий график работы. Несомненно, данные условия не должны влиять на производительность.

Работодателям не следует забывать и о личных праздниках работников (например, день рождения). При этом возможно не только устное поздравление от всего коллектива, но и вручение небольшого подарка в виде цветов или памятного сувенира и сообщение о данном событии на информационном (праздничном) стенде.

Нематериальная мотивация может быть направлена на обучение сотрудников, например, направление на тренинги, семинары, конференции. Последнее даст работникам возможность не только "сменить обстановку", но явно будет способствовать повышению качества производимой продукции, а также поможет в освоении новых технологий и материалов.

Отметим, что нематериальное стимулирование тоже требует от организации финансовых затрат. Однако эти суммы меньше, чем средства, которые направлялись бы на

регулярное повышение зарплаты всем сотрудникам или выплаты премий по итогам года. В основном нематериальные стимулы – это разовые мероприятия, не требующие ежемесячных вложений [1]. Лишь небольшой перечень мотивационных мероприятий не требует материальных затрат от работодателя. К таким, в частности, относится доступ работников к принятию решений.

ВЫВОДЫ

Мотивация – это процесс стимулирования трудовой деятельности, направленный на достижение определенных целей и задач организации в любой сфере производства. Работодатель должен проявлять заботу в отношении своих сотрудников, используя при этом различные виды стимулов и поощрений. Учитывая специфику предприятий легкой промышленности, необходимым и эффективным будет использование разнообразных видов нематериального стимулирования. Резюмируя возможные стимулы в легкой промышленности, следует учитывать, что мотивация – это психологическая, а не логическая категория, это эмоциональный процесс, и в основном бессознательный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безрукова Н.А. Нематериальная мотивация сотрудников учреждения // Руководитель автономного учреждения. – 2018, № 3. С. 69...78.
2. Бузова О.А. Человеческий капитал как фактор роста экономики страны и технологического обновления производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2.
3. Картикеян Г.Б. д-р, МалатиШури д-р К.П. и г-н Картикеян М.Б. Исследование мотивации работников на текстильных заводах в Коимбаторе // New Cloth Market. - March 2010. - Режим доступа: <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/4762/a-study-on-employees-motivation-in-textile-mills-in-coimbatore-district> (перевод авторов); Dr. G.B. Karthikeyan, Dr.K.P.MalathiShiri and Mr.M.B. Karthikeyan A Study On Employees Motivation In Textile Mills In Coimbatore District// New Cloth Market March 2010 Режим доступа: <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/4762/a-study-on-employees-motivation-in-textile-mills-in-coimbatore-district>
4. Конвенция № 61 Международной организации труда "О сокращении рабочего времени в текстильной промышленности" (Заключена в г. Женеве 22.06.1937) // СПС КонсультантПлюс.

5. Погодина И.В. Современная Доска почета // Кад- ровик. – 2015, № 4. С. 26...30.

6. Постановление ЦК КПСС, Совмина СССР от 01.03.1982 № 165 "О дополнительных мерах по закреплению кадров в производственных объединениях и на предприятиях текстильной и некоторых других отраслей промышленности системы Министерства легкой промышленности СССР" // СПС КонсультантПлюс.

7. Приказ Минпромторга РФ от 24.09.2009 №853 "Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятий по ее реализации" // СПС КонсультантПлюс.

8. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) // Собрание законодательства РФ. - 07.01.2002. - № 1 (ч. 1). - Ст. 3.

9. Управление мотивацией в готовом секторе одежды / Managing Motivation in Readymade Garment Sector - Assignment Point // www.assignment-point.com/.../textile/managing-motivation-i... (перевод авторов).

REFERENCES

1. Bezrukova N.A. Nematerial'naya motivatsiya sotrudnikov uchrezhdeniya // Rukovoditel' avtonomnogo uchrezhdeniya. – 2018, № 3. S. 69...78.
2. Burova O.A. Chelovecheskiy kapital kak faktor rosta ekonomiki strany i tekhnologicheskogo obnoveniya proizvodstva // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 2.
3. Kartikeyan G.B. d-r, MalatiShiri d-r K.P. i g-n Kartikeyan M.B. Issledovanie motivatsii rabotnikov na tekstil'nykh zavodakh v Koimbatore // New Cloth Market. - March 2010. - Rezhim dostupa: <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/4762/a-study-on-employees-motivation-in-textile-mills-in-coimbatore-district> (per-evod avtorov); Dr. G.B. Karthikeyan, Dr.K.P.MalathiShiri and Mr.M.B.Karthikeyan A Study On Employees Motivation In Textile Mills In Coimbatore District // New Cloth Market March 2010 Rezhim dostupa: <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/4762/a-study-on-employees-motivation-in-textile-mills-in-coimbatore-district>
4. Konventsiya № 61 Mezhdunarodnoy organizatsii truda "O sokrashchenii rabocheho vremeni v tekstil'noy promyshlennosti" (Zaklyuchena v g. Zheneve 22.06.1937) // SPS Konsul'tantPlyus.
5. Pogodina I.V. Sovremennaya Doska pocheta // Kadrovik. – 2015, № 4. S. 26...30.
6. Postanovlenie TsK KPSS, Sovmina SSSR ot 01.03.1982 № 165 "O dopolnitel'nykh merakh po zakreplenyu kadrov v proizvodstvennykh ob"edineniyakh i na predpriyatiyakh tekstil'noy i nekotorykh drugikh otrasley promyshlennosti sistemy Ministerstva legkoy promyshlennosti SSSR" // SPS Konsul'tantPlyus.
7. Prikaz Minpromtorga RF ot 24.09.2009 №853 "Ob utverzhdenii Strategii razvitiya legkoy promyshlennosti Rossii na period do 2020 goda i Plana meropriyatiy po ee realizatsii" // SPS Konsul'tantPlyus.

8. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 30.12.2001 № 197-FZ (red. ot 05.02.2018) // Sobranie zakonodatel'stva RF. - 07.01.2002. - № 1 (ch. 1). - St. 3.

9. Upravlenie motivatsiy v gotovom sektore odevny / Managing Motivation in Readymade Garment Sec-

tor - Assignment Point // www.assignment-point.com/.../textile/managing-motivation-i... (perevod avtorov).

Рекомендована кафедрой финансового права и таможенной деятельности. Поступила 12.12.18.

УДК 331.104.22

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА В ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

THE ECONOMY'S DIGITALIZATION IMPACT ON QUALITY ASSURANCE IN THE TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

Е.А. ГОРБАШКО, С.А. ЛЕОНОВ, Е.Д. МАЛЕВСКАЯ-МАЛЕВИЧ

E.A. GORBASHKO, S.A. LEONOV, E.D. MALEVSKAIA-MALEVICH

(Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

(St. Petersburg State University of Economics,
St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

E-mail: sergey-leonov@mail.ru

Тенденции цифровизации экономики оказывают очевидное влияние на все сферы жизнедеятельности человека, также затрагивают все отрасли производства. На отрасль текстильной промышленности современные тенденции роботизации, рещоринга, автоматизации и кастомизации производства оказали существенное влияние, что привело к открытию новых перспектив, а также к формированию новых вызовов текстильной отрасли России. Настоящая статья посвящена анализу текущего положения отрасли текстильного производства России, а также обзору современных перспектив развития с учетом перечисленных тенденций и их влияния на обеспечение качества в текстильной отрасли.

The trends of digitalization of the economy have an obvious impact on all spheres of human activity, also affect all industries. The modern trends of robotization, reshoring, automation and customization of production had a significant impact on the textile industry, which led to the opening of new perspectives, as well as the formation of new challenges for the Russian textile industry. This article is devoted to an analysis of the current situation in the Russian textile industry, as well as an overview of current development prospects, taking into account the listed trends.

Ключевые слова: текстильная промышленность, кастомизация, роботизация, рещоринг производства, теория международной торговли.

Keywords: textile industry, customization, robotization, reshoring production, theory of international trade.

Современные потребители придают большое значение индивидуализации своей одежды и обуви, что для бизнеса означает необходимость внедрения кастомизированных сервисов и продукции. Кастомизация – это адаптация товара или услуги под конкретного покупателя, с учетом его требований и пожеланий. Кастомизация разделила все компании на тех, кто зарабатывает на этом тренде, и тех, кто, не успевая за рынком, ослабляет свои позиции. Сегодня покупатели могут создать свои уникальные кроссовки Nike, Adidas и других мировых спортивных брендов.

Интернет стал тем инструментом, который позволяет видоизменять продукты или добавлять к ним незначительные, но, что очень важно, персонализированные штрихи. В России также появились магазины спортивных товаров, предлагающие услугу по онлайн-кастомизации: некоторые марки предлагают на выбор цветовые сочетания – например, шнурков, подошвы и основы; другие расширяют набор "деталей" и позволяют на свой вкус комбинировать детали из замши, кожи и текстиля, выбрать "стиль" боковой окантовки. На данный момент – это дорогостоящий сервис, который могут предложить своим клиентам только крупные производители.

Кастомизированные проекты в России сталкиваются с рядом сложностей, среди них:

- культурные барьеры: ожидания/пожелания индивидуализации у нас существенно ниже, чем в других странах, запрос еще не сформирован;

- экономические барьеры: достаточно высокая стоимость такого сервиса, рациональный покупательский тренд после кризиса 2014 г. заставляет покупателей экономить на том, что не является необходимым; учитывать ограничения по возможностям возврата (кастомизированный продукт не возвращается) [1].

Тенденция кастомизации производства, а также переход к цифровому производству, которое предполагает высокий уровень автоматизации производства, то есть со-

крашение потребности в трудовых ресурсах, вносит изменения в географию производства текстильной отрасли и определяет дальнейшие перспективы развития.

Дешевая рабочая сила больше не является приоритетом – на смену процессу аутсорсинга приходит решоринг: процесс возврата выведенных за рубеж производств [2] – международные концерны и корпорации возвращают производства в Европу и США. Развивающиеся страны, традиционно трудоизбыточные, страны с дешевой рабочей силой, основной долей ВВП которых традиционно являлись аутсорсинговые производства, лишаются тысяч рабочих мест. В развитых странах решоринг приводит к открытию новых предприятий, которые, однако, не создают новые рабочие места, так как оснащены роботизированным производственным процессом.

По последним статистическим данным промышленные предприятия создают в Европе почти 25% высококвалифицированных рабочих мест, каждое из которых иницирует возникновение одного-двух новых рабочих мест в других секторах экономики [2], [8].

Как показывают статистические данные, за последние годы, впервые с 1970-х, многолетний процесс вывода промышленного производства на аутсорсинг в страны с более дешевой рабочей силой приобрел тенденцию на сокращение. Вместо чистой потери приблизительно 220 тысяч рабочих мест в среднем за год в секторе промышленности за счет аутсорсинга в начале 2000-х, в 2016 г. чистое создание рабочих мест составило 25 тыс.

Тенденции процессов экспорта ресурсоизбыточной продукции и импорта ресурсоемкой продукции известны из теории международной торговли. Для перемещения капитала таких барьеров гораздо меньше, что и спровоцировало тенденцию перевода трудоемкого производства из развитых стран с дорогой рабочей силой в менее развитые страны, где трудовые ресурсы были в избытке и имели низкую стоимость. Однако

этот глобализационный процесс в последнее время имеет обратную тенденцию, что, в том числе, открывает перспективы для российских производителей отрасли текстильной промышленности [6], [9], [10].

В качестве драйвера процесса решоринга следует также отметить общие тенденции роста заработной платы, и в развивающихся странах тоже. К примеру, в Китае и Индии они увеличивались ежегодно на 10...20% на протяжении последнего десятилетия. Динамика стоимости рабочей силы, прогнозируемая консалтинговой компанией PwC до 2030 г., представлена на рис. 1 [7] (источник: прогноз консалтинговой компании PwC до 2030 г.).

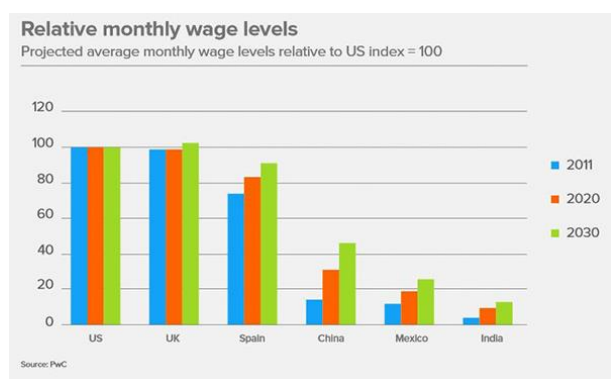


Рис. 1

Из приведенного графика видно, что разрыв в заработных платах будет сокращаться, хотя о его ликвидации даже к 2030 г. речи все еще не идет.

По данным многих современных исследований аутсорсинг производства из развитых стран в развивающиеся действительно подходит к концу [3], [4]. Процессы автоматизации, роботизации и аутсорсинга снижали занятость во многих развитых странах. В связи с этим современные процессы решоринга должны открывать новые перспективы для экономик развитых стран. Важными факторами решоринга являются субсидии и налоговые преференции со стороны государства (в США чаще всего на уровне штатов), ожидание снижения корпоративных налогов в результате налоговой реформы и рост оплаты труда в некоторых традиционных странах аутсорсинга, прежде всего в Китае.

В отраслевом разрезе процесс решоринга обладает наибольшим весом в тех отраслях, где новое цифровизированное производство имеет значительные конкурентные преимущества. А именно в следующих секторах:

- производство крупногабаритных товаров с большим отношением веса к стоимости (автомобили, бытовая техника), доля логистических затрат в структуре себестоимости для них является весьма существенной;
- производство товаров с коротким производственным циклом, товары, подверженные частым колебаниям спроса потребителей;
- различные пластики и продукты нефтепереработки;
- производство продукции с высоким стандартом качества;
- производство, ориентированное на клиентов, ограниченных в возможности покупать импортные товары (например, ВПК);
- производство товаров, для которых исключительно важно соблюдение и защита авторского права и патентов;
- отрасли, наиболее чувствительные к технологиям автоматизации и роботизации производства, такие как производство текстиля и одежды, бытовых электроприборов, автомобилей и автокомплекующих.

Роботизации в некоторых секторах, как основному драйверу решоринга, препятствует короткий производственный цикл некоторых товаров, часто не более сезона, пока роботы проигрывают людям в пластичности производства товаров с коротким жизненным циклом. Кроме того, для товаров этой категории, с малым соотношением веса к стоимости, затраты на логистику не так существенны в структуре себестоимости.



Рис. 2

На рис. 2 показаны ключевые факторы решоринга производства [3].

Текстильная промышленность оказалась отраслью, существенно "пострадавшей" от процессов роботизации и решоринга. Как отмечается в докладе Международной организации труда [11], текстильная промышленность в современном ее виде просуществует не так долго, рабочие места в отрасли будут сокращаться, а промышленные предприятия переезжать из развивающихся стран с дешевой рабочей силой обратно в развитые страны, ближе к рынкам сбыта. Внедрение автоматизации в текстильной промышленности может высвободить до 86% занятых во многих странах АСЕАН, а также за ее пределами, прежде всего в Индии и Китае.

Современные тенденции представляются не только угрозами для текстильного производства России, среди перспектив развития можно отметить существенное снижение покупательского спроса на брендовую одежду и обувь (в Европе за прошедшие два года спрос сократился на 26%, в России – на 34,7%). Эти цифры можно объяснить так называемым явлением "медленной моды" (*Slow Fashion*), набирающим обороты с 2007 г. Медленная мода пропагандирует отказ от одежды массового производства и переход к одежде, изготовленной вручную, из натуральных тканей, предполагая зачастую индивидуальный пошив и высокое качество изделий. Приверженцы "медленной моды" делают выбор в пользу местного производства одежды и ремесленных изделий для поддержания малого бизнеса, развивая тем самым честную торговлю. При этом важно отметить, что продукция медленной моды существенно превышает в цене массмаркет. Также эта модная тенденция предполагает пошив одежды из натуральных, высококачественных тканей, экологически рациональное производство с использованием в том числе вторичного сырья. В целом можно отметить растущий интерес к продукции отечественных дизайнеров, что, в купе с общегосударственной политикой импортозамещения, благоприятно сказывается на развитии текстильной отрасли России.

На рис. 3 представлены страны, из которых осуществляется решоринг производства в страны Европы [4].



Рис. 3

Перспективы процессов роботизации и решоринга в текстильной промышленности в приведенном докладе [11] описываются как положительные. Последние достижения научно-технического прогресса существенно меняют технологию производства одежды: на данный момент уже существуют "роботы-швейи", оснащенные машинным зрением, что позволяет значительно снизить количество брака выпускаемой продукции. Автоматизации подверглись самые сложные и трудоемкие процессы в швейном производстве. На данный момент нет достаточного количества информации для расчета себестоимости массового производства с использованием швейного робота, поэтому нет возможности сделать вывод о его экономической эффективности в сравнении с производством на аутсорсинге, включая экономию на логистических затратах, таможенных пошлинах и существенное снижение репутационного риска компании-производителя.

Текстильная отрасль традиционно считалась трудоемкой, особенно значимым фактором была тонкая ручная работа, однако современные роботы настолько высокотехнологичны, что справляются даже с самыми сложными задачами, существенно снижая при этом уровень брака.

Если рассматривать влияние тенденций цифровизации экономики на обеспечение качества в производственном процессе предприятий текстильной отрасли, можно сделать вывод, что качество продукции, без-

условно, будет повышаться, так как все процессы автоматизации и роботизации направлены на оптимизацию процесса производства и повышения качества продукта. Решоринг производства также сопровождается повышением качества продукции, так как предполагает переход от ручного труда к автоматизированному. Однако процессам цифровизации производства в нашей стране препятствует существенное технологическое отставание. Также современные тенденции потребуют повышения качества подготовки и квалификации специалистов, что затронет и систему образования.

По процессам возвращения производства в Европу пока нет достаточных статистических данных для того, чтобы делать обоснованные выводы, однако многие косвенные показатели, такие как снижение темпов роста мировой торговли в физических объемах по отношению к темпам роста глобального ВВП, сокращение цепочек добавленной стоимости, преждевременная деиндустриализация многих развивающихся стран, а также данные по отдельным компаниям-производителям, говорят о том, что процесс решоринга действительно стал глобальным.

Так как производство становится все более капиталоемким и все менее трудоемким ввиду обозначенных тенденций, аутсорсинг в страны с дешевой рабочей силой становится менее выгодным, а фактор близости к рынкам сбыта более значимым, что также меняет предпочтения инвесторов.

Для развитых, капиталозбыточных стран процесс решоринга будет означать промышленный ренессанс и дополнительное создание рабочих мест, хотя и в значительно меньшей степени: основной смысл решоринга в экономии средств на оплату труда, снижения логистических затрат и количества бракованной продукции за счет интенсивной автоматизации/роботизации производственного процесса.

Для развивающихся стран решоринг означает сокращение рабочих мест, причем в гораздо больших масштабах. Точных данных пока нет, но статистика показывает, что отношение может достигать до 10:1.

Таким образом, можно сделать вывод, что для экономик развивающихся стран, в том числе и для России, процессы цифровизации экономики препятствуют использованию классической модели экономического роста, основывающейся на процессах индустриализации и перетоке рабочих мест из малопродуктивных секторов в высокопроизводительный, ориентированный на экспорт промышленный сектор [5], [12], [13]. Современные тенденции оказывают значительное влияние и на сектор текстильной промышленности. В нашей стране переходу к цифровой экономике препятствует значительное технологическое отставание, преодолеть которое предприятия самостоятельно не смогут, так как это требует значительных инвестиций. Нужна комплексная система поддержки перехода к цифровому производству со стороны государства, о чем свидетельствует опыт развитых стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. https://www.shoes-report.ru/articles/otsenka_sezona_krossovki_po_prezhnemu_na_pike_populyarnosti_u_potrebitelnykh_vozrastov_i_sotsialnykh_grupp/
2. <https://www.eg-online.ru/article/248373/>
3. *Dachs B. and C. Zanker.* Backshoring of Production Activities in European Manufacturing. *European Manufacturing Survey Bulletin*, Number 3, December 2014.
4. *Backing Britain.* A Manufacturing base for the future. *EEF. The Manufacturer's Organisation* 2013, London.
5. <https://www.kommersant.ru/doc/3526726>
6. *Ellram L.M., Tate W.L., Petersen K.J.* Offshoring and reshoring: an update on the manufacturing location decision // *Journal of Supply Chain Management*. – Vol. 49, №2, 2013. P. 14...22.
7. *Wiesmann B. et al.* Drivers and barriers to reshoring: a literature review on offshoring in reverse // *European Business Review*. – Vol. 29, №1, 2017. P.15...42.
8. *Ибрагимова Н.У., Нугматуллина Р.А., Габитова З.Р.* Стратегический анализ текстильной и швейной промышленности России и перспективы развития отрасли // *Экономика и предпринимательство*. – 2015, №. 11-1. С. 388...395.
9. *Леонов С.А.* Организация бизнес-процессов на предприятиях швейной отрасли легкой промышленности // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2017, № 1. С. 17...23.

10. Ekaterina D. Malevskaia-Malevich, Leonov S.A. and Zaborovskii Denis. Methods for Assessing the Effectiveness of Research and Development // Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020, 2018- April, p. 5620...5625.

11. "ASEAN in transformation: Textiles, clothing and footwear – Refashioning the future".

12. Malevskaia-Malevich E.D., Leonov S.A., Kopachev A. Factor analysis model of the total cost of quality in the enterprise production process // Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional Expansion to Global Growth. – 2018, November, p. 5886...5890.

13. Malevskaia-Malevich E.D., Leonov S.A. Financing decisions to improve quality // Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth. – 2018, November. P.5444...5448.

REFERENCES

1. https://www.shoes-report.ru/articles/otsenka_sezona/krossovki_po_prezhnemu_na_pike_populyarnosti_u_otrebiteley_vsekh_vozrastov_i_sotsialnykh_grupp/

2. <https://www.eg-online.ru/article/248373/>

3. Dachs B. and C. Zanker. Backshoring of Production Activities in European Manufacturing. European Manufacturing Survey Bulletin, Number 3, December 2014.

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

5. <https://www.kommersant.ru/doc/3526726>

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

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

8. Ibragimova N.U., Nigmatullina R.A., Gabitova Z.R. Strategicheskii analiz tekstil'noy i shveynoy promyshlennosti Rossii i perspektivy razvitiya otrasli //Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2015, №. 11-1. S.388...395.

9. Leonov S.A. Organizatsiya biznes-protssosov na predpriyatiyakh shveynoy otrasli legkoy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 1. S. 17...23.

10. Ekaterina D. Malevskaia-Malevich, Leonov S.A. and Zaborovskii Denis. Methods for Assessing the Effectiveness of Research and Development // Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020, 2018- April, p. 5620...5625.

11. "ASEAN in transformation: Textiles, clothing and footwear – Refashioning the future".

12. Malevskaia-Malevich E.D., Leonov S.A., Kopachev A. Factor analysis model of the total cost of quality in the enterprise production process // Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional Expansion to Global Growth. – 2018, November, p. 5886...5890.

13. Malevskaia-Malevich E.D., Leonov S.A. Financing decisions to improve quality // Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth. – 2018, November. P.5444...5448.

Рекомендована кафедрой проектного менеджмента и управления качеством СПГЭУ. Поступила 24.04.19.

**НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ****FROM COMPETITIVENESS TO THE STRATEGIC ADVANTAGE
OF THE ENTERPRISE***Н.Ю. ЯСЬКОВА, И.Г. ЛУКМАНОВА**N.YU. YASKOVA, I.G. LUKMANOVA***(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)****(National Research Moscow State University of Civil Engineering)**

E-mail: mcua3@yandex.ru; lukmanova@mgsu.ru

В статье исследуются новые аспекты конкурентоспособности национальной экономики. Они касаются не отдельных драйверов роста отраслей, регионов, городов и др., а имеют интегрированный характер. Авторы концентрируют внимание на новом критерии оценки конкурентоспособности, а именно национальном благополучии, касающемся отраслей, предприятий, работников, территорий, населения и страны в целом.

Прорывное научно-технологическое развитие требует тотальной модернизации, в основе которой цифровая трансформация как общий алгоритм развития экономических отношений и хозяйственной среды. Отмечая высокий потенциал России в области цифровизации экономических процессов, авторы обращают внимание на масштаб переобучения кадров, что требует дополнительных бюджетных ресурсов. Технологическая модернизация как относительно новое для экономической практики явление рассматривается в статье с точки зрения роста эффективности производства, как части национальной экономики. Что касается отдельного предприятия, то результативность его деятельности не сводится исключительно к ускорению работ. Востребованный рост производительности труда означает приведение в соответствие процесс квалификации работника с требованиями современного и высокопроизводительного рабочего места.

Деформации сложившихся экономических процессов, присущие глобальным рынкам, требуют новых инвестиционных моделей роста. В их основе фондовые механизмы и разнообразные формы государственной поддержки. Новые подходы к инвестированию, как подчеркивают авторы, востребованы как в производственных, социальных, так и в инфраструктурных проектах, обеспечивающих территориальную целостность и пространственную связанность национальной экономики.

The article examines new aspects of the competitiveness of the national economy. These are not individual drivers of growth sectors, regions, cities, etc., and have an integrated nature. The authors focus on the new assessment criteria of competitiveness, namely the national welfare relating to industries, businesses, workers, territories, the population and the country as a whole.

Breakthrough scientific and technological development requires total modernisation, based on a digital transformation how a General algorithm of the development of economic relations and business environment. Noting the high potential of Russia in the field of digitalization of economic processes, the authors draw attention to the scale retraining of personnel, which will require additional budgetary

resources. Technological modernization as a relatively new practice for the economic phenomenon is analyzed in the article in terms of growth of production efficiency, as part of the national economy. As for individual companies, the impact of its activities is not limited solely to acceleration of work. Popular productivity growth means the alignment process of a worker's qualifications with the requirements of modern high-performance workplace.

Strain of the current economic processes inherent in global markets require new investment models of growth. In their basis the stock mechanisms and various forms of state support. New investment approaches, as the authors after the production, social and infrastructure projects, to ensure the territorial integrity and spatial coherence of the national economy.

Ключевые слова: национальная экономика, конкурентоспособность, национальное благополучие, бюджетные средства, частные инвестиции, цифровая трансформация, рыночная конкуренция, бюджетная поддержка, ограниченность средств, нехватка кадров, производительность труда, инфраструктурные проекты.

Keywords: national economy, competitiveness, national well-being, budget funds, private investment, digital transformation, market competition, budget support, limited funds, staff shortages, labor productivity, infrastructure projects.

Особенность современного развития и конкурентоспособности национальной экономики и отдельных отраслей промышленности заключается в решающем влиянии научно-технологического развития. Чтобы современной России обеспечить устойчивый характер развития, способный консолидировать неравномерно развитые территории и субъекты хозяйствования различного иерархического уровня, придется решать задачи создания нового уровня экономической и социальной связанности регионов, субъектов хозяйствования и граждан, создавая новое качество целостности страны. Именно в таком контексте стратегической целью научно-технологической модернизации становится создание *новой геоэкономической архитектуры российского пространства*. Выявление перспективных региональных центров экономического роста потребует логистического и экономического разворота на Юго-Восток и Восток, что особенно актуально в условиях обострения геополитической ситуации. Ориентация развития на европейские рынки объективно смещается, снижая уровень зависимости сырьевого сектора России от нестабильных настроений Европы.

На начальном этапе модернизации, как следует из Стратегии – 2030 [1], [2], будут формироваться производственно-инновационные кластеры во внутренних регионах страны. И задел здесь немалый: технологии формирования фокусных макрорегионов апробированы в Поволжье и на Южном Урале в рамках глобальных проектов логистически-индустриальных коридоров Север – Юг и Великого шелкового пути. Заметим, что реализация указанных проектов будет способствовать, помимо укрепления производственного потенциала, снятию препятствий к повышению региональной экономической связанности.

Новый пространственный контекст научно-технологической модернизации в современных условиях имеет ряд особенностей. Едва ли не главной из них становится нацеленность на *рост национального благополучия* [3]. Это возможно лишь при условии осуществления технологической модернизации, выгодной бизнесу. Обозначенная цель вносит новый смысл в понятие конкурентоспособности. Рост последней трактуется в установках Правительства РФ как получение выигрыша всеми пространственно-иерархическими уровнями националь-

ной экономики. При этом, безусловно, должны соблюдаться интересы бизнеса, так как только в этих условиях он будет поддерживать заданный макроуровнем целевой уровень интенсивности инновационной деятельности в стране. Опыт инновационного развития последних лет показал, что структура расходов на научные исследования и опытно-конструкторские разработки сложилась с существенным преобладанием бюджетных средств. Их доля составила порядка 70%. Частные инвестиции до сих пор находятся в пределах 30%. На последнем Гайдаровском форуме 2018 г. [4] отмечалось, что практически во всех развитых и в большинстве развивающихся стран сложилось обратное соотношение. Его изменение в условиях РФ невозможно вне продекларированной Президентом РФ В.В. Путиным идеи социальной ориентации бизнеса, граждан и государства [5]. Это значит, что важнейшая функция государства должна состоять не из увеличения прямого финансирования, а в *создании пространства опережающего технологического регулирования*.

Анализ стратегических приоритетов [6] показал, что для научно-технологической конкуренции особенно важна способность накапливать "большие данные" и использовать их в построении платформ, увязывающих интересы бизнеса, граждан и государства, вступающих в *эпоху цифровой трансформации*. Это хороший шанс на рывок в развитии. Что касается рисков отставания, то они могут оказаться критическими как для страны в целом, так и для отдельных отраслей. При этом масштаб цифровизации национальной экономики оценивается не с позиций отдельных отраслей или технологических пакетов, а "...как алгоритм развития отношений в современном обществе и его культурная среда" [3]. Это своего рода один из новых горизонтов развития и базовое условие обеспечения конкурентоспособности национальной экономики.

Процессы цифровой трансформации протекают достаточно интенсивно, особенно в таких обрабатывающих отраслях, как текстильная, пищевая и др. К настоящему времени сформирована национальная цифровая инфраструктура широкополосной и мобиль-

ной связи. По результатам обследования Всемирного Банка [7] по показателям использования информационно-коммуникационных технологий в потребительской сфере Россия опережает страны ЕС, АСЕАН, Бразилию, и даже Южную Корею. В стране практически сформирована инфраструктура цифровой трансформации в большинстве перерабатывающих отраслей. В то же время и по отраслям, и по территориям уровень применения новых информационно-коммуникационных технологий существенно различается. Разрыв между лидерами и остальной частью пользователей значителен. И причины лежат не только в ограниченности ресурсов и кадровом дефиците. Анализ показывает, что главная причина кроется в дефиците рыночной конкуренции, а также хронической надежде на административную и бюджетную поддержку. Опыт зарубежных стран (Великобритании, США, Японии, Израиля и др.) показывает, что без государственной поддержки процессы цифровизации могут затормаживаться. Это значит, что для выполнения государственных функций государству потребуются квалифицированные кадры. По оценкам Правительства РФ [3] в государственном секторе должны работать не менее 1 миллиона человек с соответствующими компетенциями. Причем необходимо переобучить чиновников не только на федеральном, но и на региональном уровне, а также в таких отраслях, как строительство, транспорт, ЖКХ, здравоохранение, образование и др.

В целом на государственном уровне без цифровизации, как показывает анализ практики, невозможно: во-первых, обеспечивать диалоговые режимы с населением и хозяйственной средой; во-вторых, оперативно предоставлять госуслуги; в-третьих, оптимизировать систему управления и создавать компактные госорганы и др. [8]. Новая философия краудсорсинга позволяет с использованием информационных платформ учитывать настроения и позицию граждан, мотивацию субъектов хозяйствования и ожидания общественного сектора экономики. Кроме того появляется возможность своевременно корректировать ход выполнения

государственных программ и направления адресной инвестиционной поддержки. Эффективность цифровизации государственных услуг оценил на Санкт-Петербургском форуме заместитель председателя правительства Ленинградской области Д. Ялов. Трудозатраты и сроки предоставления услуг в социальной сфере в результате реинжиниринга сократились до 70 % [9]. Конечная цель реализации информационных технологий в государственном секторе заключается в *превращении государственных данных в цифровые активы*, востребованные бизнесом. Таким образом, можно констатировать, что без государственного сектора цифровая трансформация, как основа современного контекста конкурентоспособности национальной экономики в целом и всех ее составляющих, невозможна.

Реализация национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации", как неоднократно отмечалось [10], характеризуется возникновением ряда рисков и может привести к социальному напряжению, особенно в части трудоустройства высвобождающихся работников. Чтобы не стать тормозящим фактором конкурентоспособности, проблема приведения структуры предложения к структуре спроса на трудовые ресурсы должна быть разрешена путем создания новых рабочих мест и переобучения кадров. В любом случае это потребует бюджетных расходов. Их экономическая целесообразность должна определяться приростом экономической эффективности цифровизации и перспективой повышения конкурентоспособности отечественной экономики.

Следующим аспектом повышения конкурентоспособности является рост производительности труда. Он обеспечивается фронтальным характером технологической модернизации национальной экономики. Почему это должен быть фронтальный, всеобщий характер? Учитывая сложившийся к настоящему времени высокий уровень монополизации российской экономики, а также понимая, что до сих пор высока доля государственного сектора, вероятен риск обеспечения роста производительности труда за счет сокращения занятых, либо за

счет избыточной с точки зрения экономической логики капитализации результатов производственной деятельности. Опыт развитых стран, в частности США, в предкризисный период (2008 г.) показывает, что во всех случаях это приводит к снижению конкурентоспособности. Позитивный результат роста производительности труда должен оцениваться в широком и наиболее значимом определении производительности как эффективной реализации возможностей и раскрытия таланта человека в национальном масштабе, включая настройку демографической, миграционной и социальной политики, а также соответствие системы образования и рынка труда [3].

Одним из важнейших факторов повышения производительности труда является реструктуризация национальной экономики. Ее новым аспектом становится пространственный характер [11]. Если раньше речь шла о производственной реструктуризации, придании конкурентоспособности и обеспечения импортозамещения по отдельным видам товарных групп, то в настоящее время речь о конкурентоспособности городов, территорий и страны в целом. Индикатором процессов реструктуризации становится рост несырьевого экспорта, в том числе продукции высокого передела, услуг в различных сферах, включая туризм, здравоохранение, образование и др. Активно формируется в настоящее время *географическая диверсификация экспорта*. Доля стран азиатского региона существенно повысилась, охватив экспорт продукции машиностроения, АПК, нефтехимии, информационно-коммуникационных технологий и др. Понимая, что российский несырьевой экспорт должен возрасти со 134 млрд. долларов до 250 млрд. долларов к 2024 г. [12], должна измениться и логистика международной торговли. Это потребует:

- поддержки региональных экспортных программ;
- снятия административных регулирующих барьеров для перевозки;
- либерализации контроля экспорта;
- упрощения визового режима для туризма;
- введения нулевой ставки НДС на экспорт товаров и др.

Указанные меры способны существенно облегчить конкуренцию отечественных предприятий на внешних рынках.

Обрести новое качество развития и обеспечить конкурентоспособность российской экономики на глобальных рынках невозможно без роста инвестиций. В связи с этим востребована *новая инвестиционная модель роста*. Доля инвестиций в ВВП к 2024 г. должна составить 25% [12]. Общеизвестны такие источники инвестиций, как собственная прибыль предприятий, банковские кредиты, облигационные займы, вклады граждан, бюджетные средства. Но в новых условиях и новом контексте общей цели повышения национального благополучия стратегически важен рост инвестиций частного бизнеса. В то же время роль государственных инвестиций также вряд ли уменьшится, так как ужесточение давления на внешних рынках, растущая неопределенность влияния экономических факторов, вводимые и преумножающиеся ограничения и др. требуют новых подходов к формированию и распределению бюджетных средств. Акцент в проводимой инвестиционной политике делается на *фондовые механизмы* [13], и в частности, на созданный государством Фонд развития. Базируясь на стратегических приоритетах развития, в Фонде предполагается наличие более 3,5 трлн. руб. для финансирования национальных проектов. Уточним, что государственная поддержка будет осуществляться также в форме государственных гарантий. Так, уже на 2018-2020 гг. Правительством РФ выделены государственные гарантии на 290 млрд. руб. для "фабрики проектного финансирования" [14]. Таким образом, помимо использования собственных средств инициаторы проекта смогут воспользоваться средствами институтов развития и коммерческих банков. Тем не менее, это не значит, что требования к экономической эффективности инвестиций, качеству проектирования будут снижаться. Напротив, как отметил Председатель Правительства РФ, деньги не должны тратиться под легковесные расчеты или громкие лозунги!

Следовательно, ни один из намеченных горизонтов и путей обеспечения конкурентоспособности невозможны без инфраструктурного обеспечения. Инфраструктурные проекты по определению являются масштабными и длительными, связывающими пространство национальной экономики как по отраслевому, так и территориальному признаку. Для России, территориально протяженной страны с огромным пространством жизнедеятельности, проекты модернизации и расширения магистральной инфраструктуры становятся жизненно важными. Именно в этом направлении концентрируются основные инвестиционные ресурсы. К сожалению, в настоящее время именно низкое качество инфраструктуры отбросило Россию во вторую сотню государств по индексу конкурентоспособности [15]. Связанность российских регионов и целостность страны – стратегический, жизненно важный приоритет и решающий фактор развития. Он важен и для частного сектора, так как интегрированность рынков повысит отдачу от инвестиций, обеспечит востребованную мобильность труда и капитала, то есть будет способствовать росту устойчивого пространственного развития страны, обеспечивая тем самым прочный фундамент национального благополучия.

ЛИТЕРАТУРА

1. "Стратегия-2030": определение целей и приоритетов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gaidarforum.ru> (дата обращения: 15.11.2018 г.).
2. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gaidarforum.ru> (дата обращения: 15.11.2018 г.).
3. *Медведев Д.А.* Россия 2024: Стратегия социально-экономического развития // Вопросы экономики. – 2018, № 10. С. 5...28.
4. Гайдаровский форум - 2018 "Россия и мир: цели и ценности" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gaidarforum.ru> (дата обращения: 15.11.2018 г.).
5. Указ Президента РФ № 204 от 07.05.2018 г. "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://prezident.org/articles/ukaz-prezidenta-rf-204-ot>

7-maja-2018-goda-07-05-2018.html (дата обращения: 05.11.2018 г.).

6. Национальные проекты получили паспорта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3751741> (дата обращения: 17.11.2018 г.).

7. Отчет Всемирного Банка, 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vsemirnyjbank.org> (дата обращения: 17.11.2018 г.).

8. Пешков В.В., Яськова Н.Ю. Мифы и реальность современного администрирования // *Экономичный часопис-XXI*. – 2015, № 3-4-1. С. 32...36.

9. Петербургский экономический международный форум 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.forumspb.com/spief-rewiev/spief-review-issue> (дата обращения: 15.11.2018 г.).

10. Яськова Н.Ю. Ренессанс проектного подхода в цифровой экономике // *Экономика и предпринимательство*. – 2017, № 9-4 (86-4). С. 164...166.

11. Яськова Н.Ю., Фомина Л.Л. Управление ресурсами пространственно-территориального развития: современный формат // *Проблемы теории и практики управления*. – 2015, № 8. С. 25...31.

12. Двенадцать новых национальных проектов Президента РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gazetaprotestant.ru/2018/05/12-novyx-nacionalnyx-proektov-prezidenta-rossii> (дата обращения: 20.11.2018 г.).

13. Дмитриева О.В., Яськова Н.Ю. Фондовые механизмы поддержки развития // *Экономика и предпринимательство*. – 2018, № 4(93). С. 267...271.

14. Постановление Правительства РФ № 158 от 15.02.2018 г. "О программе "Фабрика проектного финансирования" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/eA5gVOrlAzEx0gHASvWtNFmTelqCwtSp.pdf> (дата обращения: 25.11.2018 г.).

15. How Professor Klaus Schwab sees the Future of the World Economic Forum [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.weforum.org/about/interview-professor-schwab> (дата обращения: 05.11.2018 г.).

REFERENCES

1. "Strategiya-2030": opredelenie tseley i prioritetov [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://gaidarforum.ru> (data obrashcheniya: 15.11.2018 g.).

2. Prognoz dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://gaidarforum.ru> (data obrashcheniya: 15.11.2018 g.).

3. Medvedev D.A. Rossiya 2024: Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya // *Voprosy ekonomiki*. – 2018, № 10. S. 5...28.

4. Gaydarovskiy forum - 2018 "Rossiya i mir: tseli i tsennosti" [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://gaidarforum.ru> (data obrashcheniya: 15.11.2018 g.).

5. Ukaz Prezidenta RF № 204 ot 07.05.2018 g. "O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda" [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://prezident.org/articles/ukaz-prezidenta-rf-204-ot-7-maja-2018-goda-07-05-2018.html> (data obrashcheniya: 05.11.2018 g.).

6. Natsional'nye proekty poluchili pasporta [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.kommersant.ru/doc/3751741> (data obrashcheniya: 17.11.2018 g.).

7. Otchet Vsemirnogo Banka, 2018 [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.vsemirnyjbank.org> (data obrashcheniya: 17.11.2018 g.).

8. Peshkov V.V., Yas'kova N.Yu. Mify i real'nost' sovremennogo administrirovaniya // *Ekonomichniy chasopis-XXI*. – 2015, № 3-4-1. S. 32...36.

9. Peterburgskiy ekonomicheskij mezhdunarodnyy forum 2018 [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.forumspb.com/spief-rewiev/spief-review-issue> (data obrashcheniya: 15.11.2018 g.).

10. Yas'kova N.Yu. Renessans proektnogo podkhoda v tsifrovoy ekonomike // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. – 2017, № 9-4 (86-4). S. 164...166.

11. Yas'kova N.Yu., Fomina L.L. Upravlenie resursami prostranstvenno-territorial'nogo razvitiya: sovremennyy format // *Problemy teorii i praktiki upravleniya*. – 2015, № 8. S. 25...31.

12. Dvenadsat' novykh natsional'nykh proektov Prezidenta RF [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.gazetaprotestant.ru/2018/05/12-novyx-nacionalnyx-proektov-prezidenta-rossii> (data obrashcheniya: 20.11.2018 g.).

13. Dmitrieva O.V., Yas'kova N.Yu. Fondovye mekhanizmy podderzhki razvitiya // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. – 2018, № 4(93). S. 267...271.

14. Postanovlenie Pravitel'stva RF № 158 ot 15.02.2018 g. "O programme "Fabrika proektnogo finansirovaniya" [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://static.government.ru/media/files/eA5gVOrlAzEx0gHASvWtNFmTelqCwtSp.pdf> (data obrashcheniya: 25.11.2018 g.).

15. How Professor Klaus Schwab sees the Future of the World Economic Forum [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.weforum.org/about/interview-professor-schwab> (data obrashcheniya: 05.11.2018 g.).

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве НИМГСУ. Поступила 14.01.19.

**ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ
РИСКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ASSESSMENT OF THE INTEGRATED INDICATOR
OF RISK OF INVESTMENT PROJECTS
ON THE EXAMPLE OF ENTERPRISES OF TEXTILE INDUSTRY**

Е.В. НЕЖНИКОВА

E.V. NEZHNIKOVA

(Российский университет дружбы народов)

(Peoples' Friendship University of Russia)

E-mail: nezhnikova_ev@pfur.ru

В статье предложена методика оценки интегрального показателя риска, которая не требует глобального перестроения системы управления финансами, позволяет привлечь уже имеющиеся в распоряжении трудовые ресурсы и является эффективным средством снижения влияния негативных воздействий на предприятия текстильной промышленности. Методика разработана на основе изучения существующих подходов оценки рисков и адаптированной системы интегрированного риск-менеджмента. Помимо сухого математического аппарата в статье уделяется внимание экспертным оценкам и различным показателям экономической деятельности предприятий текстильной промышленности, что позволяет гибко изменять ее под нужды предприятия. Основным результатом данного исследования является возможность практического применения разработанной методики, которая основана на интегральном показателе риска на основе математического аппарата обработки нечетких множеств, с учетом внедрения дополнительных обязанностей экспертного анализа ключевых факторов.

The article proposed a method for assessing the integral risk indicator, which does not require a global restructuring of the financial management system, allows you to attract already available labor resources and is an effective means of reducing the impact of negative impacts on textile industry enterprises. The methodology was developed based on a study of existing risk assessment approaches and an adapted system of integrated risk management. In addition to the dry mathematical apparatus, the article focuses on expert assessments and various indicators of the economic activities of textile industry enterprises, which allows for flexible changes to suit the needs of the enterprise. The main result of this study is the possibility of practical application of the developed methodology, which is based on an integral risk indicator based on the mathematical apparatus of processing fuzzy sets, taking into account the introduction of additional responsibilities of expert analysis of key factors.

Ключевые слова: риск, текстильная промышленность, инвестиции, математические методы и модели.

Keywords: risk, textile industry, investment, mathematical methods and models.

Для экономической безопасности, стабильности и финансовой устойчивости предприятий текстильной промышленности управление рисками должно носить системный характер. В связи с этим систему управления рисками необходимо представлять в виде элементов, интегрированных во все аспекты деятельности предприятия. К сожалению, принятие ключевых решений часто происходит в условиях уже свершившегося рискованного события или отсутствия информации о негативном воздействии внешней и внутренней среды предприятия. Построение универсальной системы управления рисками, способной вовлечь в процесс управления всех членов предприятия, становится одной из приоритетных задач в настоящее время [1].

Традиционно большинство авторов при анализе рисков выделяют два подхода – количественный и качественный, но в остальных случаях нет методологической однозначности [2].

Основополагающим фактором эффективного управления рисками является их измерение с применением экономико-математических методов и моделей для достоверной оценки уровня рисков. Исходя из вышеизложенного, необходимо последовательное решение следующих двух задач:

1) разработка методики оценки рисков должна быть основана на базовых постулатах и в строгом соответствии с инвариантной и вариантной оценкой риска;

2) разработка и использование математического аппарата оценки рисков составляющей, которая обычно состоит из:

- инструментария по применению методов и моделей;
- инструментария оценки рисков, наблюдения и определения параметров приемлемости рисков;
- выбора и использования современных информационных технологий.

Использование математического аппарата дает возможность проведения количественного и качественного анализа экономических процессов и выбора оптимального управленческого решения на основе имитации различных действий, обходясь без дорогостоящих экспериментов [3], [4].

Методы принятия решений в условиях риска должны базироваться на стратегических и тактических критериях, которые являются базовой составляющей теории нечетких множеств, на основе которой предлагается разработка интегрального показателя риска инвестиционных проектов.

Стратегическим критерием функционирования управления рисками является положительная тенденция стоимости компании:

$$V_{t+1} - V_t > 0 \Rightarrow \frac{dV}{dt} > 0, \quad (1)$$

где V_t – стоимость компании; t – время.

Сумма изменения стоимости компании является основным показателем оценки риска и дает возможность их оценки на стратегическом уровне:

$$\Delta V_t = \Delta V_t = V_{\text{фак}} - V_{\text{ож}}, \quad (2)$$

где ΔV_t – размер изменения стоимости компании за определенный период t ; $V_{\text{фак}}$ и $V_{\text{ож}}$ – прогнозируемая величина стоимости компании.

Определить фундаментальную стоимость предприятия можно, используя общепринятый метод дисконтированных денежных потоков. На первоначальном этапе определяется размер денежного потока, после чего он дисконтируется на величину ставки дисконтирования. Чтобы определить стоимость компании данным методом, необходимо сначала рассчитать коэффициент дисконтирования. Ставка дисконтирования – это процентная ставка, которая используется для перерасчета потоков денежных средств в единую величину и по сути отражает риски, которые связаны с инвестированием денег, и норму доходности. Расчет ставки дисконтирования при заранее определенной рискованной составляющей проводится по следующей формуле:

$$R_e = R_f + \beta (R_m - R_f), \quad (3)$$

где R_f – безрисковая процентная ставка; β – коэффициент чувствительности; $(R_m - R_f)$ –

премия за рыночный риск; R_m – средне-рыночные и среднеотраслевые ставки доходности.

Тактическим критерием эффективности работы системы управления рисками является постоянное выполнение условия неотрицательности значения прибыльности предприятия $EVA_t > 0$, характеризующее правильность реагирования на рисковую составляющую. В случае $EVA_t = 0$ норма прибыли, компенсирующая исключительно рисковую составляющую проекта, $EVA_t < 0$, свидетельствует о неэффективной работе системы управления рисками.

Показателем интегральной оценки тактических рисков в части оценки результатов является величина отклонений EVA , определяемая по формуле:

$$\Delta_2 = \Delta EVA_t = EVA_{фак} - EVA_{ож}. \quad (4)$$

Концепция EVA часто используется современными предприятиями как более интересный инструмент измерения эффективности деятельности, объясняя это тем, что данный показатель оценивает не только итоговый результат, но и определяет, какой ценой он был достигнут.

Далее рассмотрим три варианта взаимоотношений значения показателя EVA с учетом воздействия рисков:

1. $EVA=0$, то есть рыночная стоимость предприятия равна балансовой стоимости чистых активов.

2. $EVA>0$ рыночная стоимость компании преобладает над балансовой стоимостью активов, что подталкивает стейкхолдеров к реинвестированию полученной прибыли в предприятие.

3. $EVA<0$ ведет к уменьшению рыночной стоимости предприятия, со всеми вытекающими последствиями.

Общая формула расчета EVA следующая:

$$EVA = NOPAT - WACC \cdot (TA - CL), \quad (5)$$

где $NOPAT$ – чистая операционная прибыль за вычетом налогов, но до выплаты процентов (*Net Operating Profits After Taxes*); TA – *Total Assets* – совокупные ак-

тивы; CL – *Current Liabilities* – текущие обязательства.

Рыночная неопределенность тесно связана с экономическими процессами, непрерывно порождает изменяющиеся условия хозяйствования и подчинена закономерностям циклического развития.

Квазистатистика имеет место быть, если классической статистической выборки нет. Иными словами, если нет достаточного количества наблюдений для подтверждения того или иного закона распределения, или наблюдаются объекты, которые нельзя назвать однородными.

При управлении рисками на предприятиях квазистатистика представляется интересным инструментом, так как позволяет применить нечеткие описания для моделирования законов, по которым проявляется та или иная совокупность наблюдений [5].

Далее рассмотрим базовую теоретическую составляющую нечетких множеств. Носитель U – это множество, к которому относятся все результаты наблюдений в рамках оцениваемой квазистатистики. Нечеткое множество A – это множество значений носителя. Функция принадлежности $\mu_A(u)$ – это функция, областью определения которой является носитель U , и μU , а областью значений – единичный интервал $[0,1]$.

Далее определим лингвистическую переменную так:

$$\Omega = [\omega, T(\omega), U, G, M], \quad (6)$$

где ω – переменная; T – совокупность лингвистических значений; U – носитель; G – синтаксическое правило, порождающее термины множества T ; M – семантическое правило, которое каждому лингвистическому значению ω ставит в соответствие его смысл $M(\omega)$, причем $M(\omega)$ обозначает нечеткое подмножество носителя U . Вводится переменная "Уровень показателя" с множеством значений "Очень низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень Высокий". Для описания подмножеств вводится система из пяти соответствующих функций принадлежности трапециевидального вида:

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 0,15, \\ 10(0,25 - x), & 0,15 \leq x < 0,25, \\ 0, & 0,25 \leq x \leq 1; \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0,15, \\ 10(x - 0,25), & 0,15 \leq x < 0,25, \\ 1, & 0,25 \leq x < 0,35, \\ 10(0,45 - x), & 0,35 \leq x < 0,45, \\ 0, & 0,45 \leq x \leq 1; \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0,35, \\ 10(x - 0,35), & 0,35 \leq x < 0,45, \\ 1, & 0,45 \leq x < 0,55, \\ 10(0,65 - x), & 0,55 \leq x < 0,65, \\ 0, & 0,65 \leq x \leq 1; \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_4(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0,55, \\ 10(x - 0,55), & 0,55 \leq x < 0,65, \\ 1, & 0,65 \leq x < 0,75, \\ 10(0,85 - x), & 0,75 \leq x < 0,85, \\ 0, & 0,85 \leq x \leq 1; \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_5(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0,75, \\ 10(x - 0,75), & 0,75 \leq x < 0,85, \\ 1, & 0,85 \leq x \leq 1. \end{cases} \quad (11)$$

Построенные функции принадлежности приведены на рис. 1 (система трапецевидных функций принадлежности).

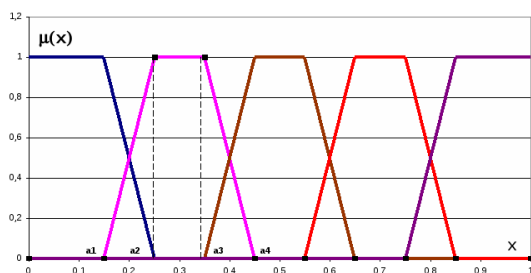


Рис. 1

Если существует набор из $i=1...N$ отдельных факторов со своими текущими значениями x_i и каждому фактору сопоставлен свой пятиуровневый классификатор, то можно перейти от набора отдельных факторов к единому агрегированному фактору A_N , значение которого впоследствии можно распознать с помощью стандартного классификатора. Количественное же значе-

ние агрегированного фактора определяется по формуле двойной свертки:

$$A_N = \sum_{i=1}^N p_i \sum_{j=1}^5 \alpha_j \mu_{ij}(x_i), \quad (12)$$

где α_j – узловые точки стандартного классификатора; p_i – вес i -го фактора в свертке; $\mu_{ij}(x_i)$ – значение функции принадлежности j -го качественного уровня относительно текущего значения i -го фактора. Далее показатель A_N может быть подвергнут распознаванию на основе стандартного нечеткого классификатора, по функциям принадлежности вида (формулы (7)-(11)).

В связи с возможной неуверенностью эксперта в данной методике могут возникнуть нечеткие описания в структуре метода анализа риска. Например, в случае, когда он не может разделить понятия "высокий" и "максимальный" риск [6].

Этапы применения лингвистической переменной как математического объекта в соответствующих операциях и методах.

Этап 1. (Лингвистические переменные и нечеткие подмножества).

Лингвистическая переменная G "Риск" также имеет 5 значений R : "предельный", "высокий", "средний", "низкий", "незначительный".

Носитель множества G – показатель степени риска g – принимает значения от нуля до единицы по определению. Для произвольного отдельного финансового или управленческого показателя X_i задается лингвистическая переменная V_i "Уровень показателя X_i " в диапазоне от 1 до 5.

Этап 2. (Показатели).

Строится набор отдельных показателей $X=\{X_i\}$ общим числом N , которые влияют на оценку риска. Такие показатели приведены в табл. 1.

Этап 3. (Значимость).

Весовые значения основных факторов – w_i – определяются, используя способ простого ранжирования (или так называемого пропорционального метода).

Этап 4. (Классификация степени риска).

Систематизация величин R представлена в табл. 1 (классификация степени риска банкротства).

Таблица 1

Интервал значений g	Классификация уровня параметра	Степень оценочной уверенности
$0 \leq R \leq 0,15$	R5	1
$0,15 < R < 0,25$	R5	$\mu_5 = 10 (0,25 - R)$
	R4	$1 - \mu_5 = \mu_4$
$0,25 \leq R \leq 0,35$	R4	1
$0,35 < R < 0,45$	R4	$\mu_4 = 10 (0,45 - R)$
	R3	$1 - \mu_4 = \mu_3$
$0,45 \leq R \leq 0,55$	R3	1
$0,55 < R < 0,65$	R3	$\mu_3 = 10 (0,65 - R)$
	R2	$1 - \mu_3 = \mu_2$
$0,65 \leq R \leq 0,75$	R2	1
$0,75 < R < 0,85$	R2	$\mu_2 = 10 (0,85 - R)$
	R1	$1 - \mu_2 = \mu_1$
$0,85 \leq R \leq 1,0$	R1	1

Этап 5. (Классификация значений показателей).

Классификация текущих значений X как критерий разбиения полного множества их значений на нечеткие подмножества строится согласно указанным узловым точкам, а именно $\alpha_j = (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9)$.

Этап 6. (Оценка и классификация уровня показателей).

Результатом проведенной классификации является табл. 2 (уровни принадлежности носителей нечетким подмножествам), где λ_{ij} – уровень принадлежности носителя x_i нечеткому подмножеству V_j .

Таблица 2

Наименование показателя	Результат классификации по подмножествам				
	V_{i1}	V_{i2}	V_{i3}	V_{i4}	V_{i5}
X_1	λ_{11}	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}	λ_{15}
...
X_i	λ_{i1}	λ_{i2}	λ_{i3}	λ_{i4}	λ_{i5}
...
X_N	λ_{N1}	λ_{N2}	λ_{N3}	λ_{N4}	λ_{N5}

Этап 7. (Оценка степени риска).

Далее определяются действия по оценке уровня риска R исходя из основных воздействующих факторов:

$$R_{out} = \sum_{i=1}^M (w_i x_i), \quad (13)$$

где w_i – удельный вес показателя ($\sum w = 1$); x_i – уровень рисковой составляющей; M – количество анализируемых рискообразующих факторов.

Этап 8. (Лингвистическое распознавание).

Результатом является определение уровня риска согласно лингвистическому описанию, перечисленному на этапе 1 [7].

ВЫВОДЫ

Подводя итог проделанной работе, можно сделать вывод об эффективности при-

менения интегрального показателя риска матричным методом в связи с возможностью выявления потенциально опасных факторов внешней и внутренней среды предприятия без привлечения внешних экспертных агентств. Возвращаясь к методам оценки риска, указанным выше и относящимся к стоимостным, можно сказать о том, что указанные параметры, такие как фундаментальная стоимость предприятия, экономическая добавленная стоимость, рентабельность капитала, могут добавляться в сетку ключевых факторов деятельности и также принимать участие в оценке рисков матричным методом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kankhva V.S., Yefremyan B.L. Klassifikatsiya riskov po urovniam operatsionnogo upravleniya // Nauchnoye obozreniye. – №12, 2015. S. 295...299.

2. Greenspan A.A. Comment to Saul H. Hymans, On the Use of Leading Indicators to Predict Cyclical Turning Points // Brookings Papers on Economic Activity. – № 2, 1973. P. 376...378.

3. Aloyan R.M., Tatjewski P.B., Fedoseev V.N., Zaitseva I.A. Risk Assessment of investment projects for the development of Technopark of the Ivanovo region // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016, №1.

4. Ovchinnikov A.A., Gruzintseva N.A. Petrukhin M.A. Consideration of risks in production control with uncertainty // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016 №2.

5. Barrell R. Bank regulation, property prices and early warning systems for banking crises in OECD countries / R. Barrell, E. Ph. Davis, D. Karim, I. Liadze // NIESR Discussion Paper. – № 330, 2010.

6. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Oparina L.A. Comparative analysis of resource - and energy-saving characteristics in the application of geotextile in construction // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016, №1. P. 10...13.

7. Politi V.V. Theoretical and practical aspects of economic turbulence in the market environment of the enterprise // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2017, №2. P. 80...84.

2. Greenspan A.A. Comment to Saul H. Hymans, On the Use of Leading Indicators to Predict Cyclical Turning Points // Brookings Papers on Economic Activity. – № 2, 1973. P. 376...378.

3. Aloyan R.M., Tatjewski P.B., Fedoseev V.N., Zaitseva I.A. Risk Assessment of investment projects for the development of Technopark of the Ivanovo region // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016, №1.

4. Ovchinnikov A.A., Gruzintseva N.A. Petrukhin M.A. Consideration of risks in production control with uncertainty // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016 №2.

5. Barrell R. Bank regulation, property prices and early warning systems for banking crises in OECD countries / R. Barrell, E. Ph. Davis, D. Karim, I. Liadze // NIESR Discussion Paper. – № 330, 2010.

6. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Oparina L.A. Comparative analysis of resource - and energy-saving characteristics in the application of geotextile in construction // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016, №1. P. 10...13.

7. Politi V.V. Theoretical and practical aspects of economic turbulence in the market environment of the enterprise // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2017, №2. P. 80...84.

REFERENCES

1. Kankhva V.S., Yefremyan B.L. Klassifikatsiya riskov po urovnyam operatsionnogo upravleniya // Nauchnoye obozreniye. – №12, 2015. S. 295...299.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве НИМГСУ. Поступила 14.01.19.

УДК 338.45:69

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

MANAGEMENT OF LABOR PRODUCTIVITY IN TEXTILE INDUSTRY ORGANIZATIONS BASED ON BALANCED SCORECARD

B.C. KANKHVA

V.S. KANKHVA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: kanhvavs@mgsu.ru

Обострение конкуренции и вытеснение отечественной текстильной продукции с международного и внутреннего рынка за счет дешевой импортной продукции из стран Юго-Восточной Азии, Китая и Турции требуют пересмотра прибыльности, цен и производительности труда на

предприятиях текстильной промышленности. Проблема низкой производительности труда в базовых несырьевых секторах экономики является на сегодняшний день одной из самых острых, в частности, именно на решение этого вопроса направлены майские указы Президента РФ. В статье проанализирована целесообразность внедрения системы сбалансированных показателей в организациях текстильной промышленности, которая позволит согласовать интересы сотрудников на различных уровнях иерархии путем направления их внимания на одни стратегические цели и один и тот же набор показателей. Это позволит существенно повысить функции контроллинга и в перспективе увеличить производительность труда на предприятиях, в том числе за счет инвестирования в работающие процессы для достижения долгосрочных финансовых целей.

The intensification of competition and the displacement of domestic textile products from the international and domestic markets due to cheap imported products from the countries of Southeast Asia, China and Turkey require a review of profitability, prices and labor productivity in the enterprises of the textile industry. The problem of low labor productivity is today one of the most acute, in particular, the May decrees of the President of the Russian Federation are aimed at solving this problem. The article analyzes the feasibility of implementing the balanced scorecard system, which will align the interests of employees at different levels of the organization's hierarchy by directing their attention to the same strategic goals and the same set of indicators. This will significantly improve the controlling functions and, in the long run, increase labor productivity in enterprises, including by investing in employees, systems, processes, to achieve long-term financial goals.

Ключевые слова: производительность труда, выручка, выпуск продукции, система сбалансированных показателей.

Keywords: labor productivity, revenue, production output, balanced scorecard.

В современных экономических условиях создание конкурентоспособной текстильной промышленности возможно лишь при наличии эффективных инструментов управления. Использование показателя производительности труда в качестве одной из ключевых характеристик эффективности деятельности предприятий позволяет добиться устойчивой конкурентоспособности на рынке (рис. 1 – взаимосвязь между изменениями прибыльности цен и производительности труда). Управление производительностью труда, как функциональная область менеджмента, подразумевает под собой процесс из четырех основных составляющих: планирование, организация, мотивация и контроль.



Рис. 1

Низкая производительность труда является одной из самых актуальных проблем не только для предприятий реального

сектора экономики, но и для всей экономики страны в целом. В связи с этим Министерством экономического развития разрабатывается национальный проект, направленный на повышение уровня производительности труда в базовых несырьевых отраслях экономики. Работа над этим документом идет во исполнение одного из пунктов майского указа В.В. Путина, в котором говорится о необходимости повышения производительности труда на 5% в год, начиная с 2014 г. [1].

Несмотря на это, по самым оптимистическим оценкам по данному показателю Россия отстает от развитых стран почти в 3 раза. Производительность труда в целом по российским топ-500 компаниям составила около 8 млн. руб. в год на одного работника или около 120 тыс. долл. по среднегодовому курсу (рис. 2 – выручка на одного сотрудника в российских млн. руб.). К примеру, производительность труда в США в среднем составляет порядка 430 тыс. долл. в год, то есть в 3,5 раза выше.

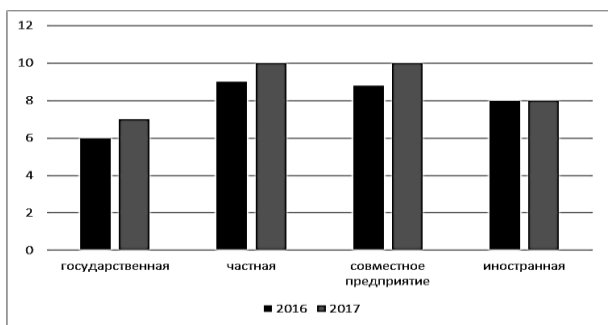


Рис. 2

Качество рабочей силы – один из основных показателей, влияющих на динамику производительности труда, соответственно, управляя качеством рабочей силы на предприятиях текстильной промышленности, можно добиться желаемого результата в достаточно короткие сроки.

На всех предприятиях реального сектора экономики при выполнении работ на различных этапах производства продукции основную нагрузку несут производственные рабочие. В связи с этим своевременное выполнение норм выработки и увеличение производительности труда неразрывно связаны между собой. Естественно, говоря о ка-

честве рабочей силы, в первую очередь, имеют в виду рабочих, задействованных на технологических линиях.

Основные факторы, непосредственно влияющие на производительность труда, зависят от множества субъективных моментов, такие как уровень образования, стаж работы, возраст, мотивация к труду, состояние здоровья, межличностные отношения и другие. При анализе факторов качества рабочей силы неоспоримое преимущество перед другими имеют следующие 4 личностные характеристики: стаж, возраст, квалификация и образование. На их основе возможна разработка такого критерия оценки качества рабочей силы, который позволит достаточно точно прогнозировать приемлемый для отдельного предприятия уровень производительности труда.

В связи с вышеизложенным нами предлагается интегральный показатель, характеризующий производительность рабочей силы предприятия и основывающийся на данных отдела кадров:

$$K_{\text{инт}} = \sqrt{\frac{P_{\text{ф}}}{P_{\text{норм}}} \frac{C_{\text{ф}}}{C_{\text{норм}}} \frac{V_{\text{ф}}}{V_{\text{норм}}} \frac{O_{\text{ф}}}{O_{\text{норм}}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ф}}$, $C_{\text{ф}}$, $V_{\text{ф}}$, $O_{\text{ф}}$ – данные по стажу, образованию, разряду и стажу; $P_{\text{норм}}$, $C_{\text{норм}}$, $V_{\text{норм}}$, $O_{\text{норм}}$ – эталонные данные, соответствующие 100%-ному выполнению выработки.

С помощью данного коэффициента можно определить соответствующий уровень качества рабочей силы и выполнения норм, что в свою очередь даст картину плановой производительности труда по каждому рабочему, цеху или предприятию в целом [2], [3].

Говоря о производительности труда, необходимо упомянуть еще об одном термине, неотъемлемо связанным с ним – контроллинг. Контроллинг – это набор определенных инструментов, или даже система, работа которой направлена на повышение эффективности деятельности всего предприятия в целом посредством воздействия, в первую очередь, на производственную составляющую. Иными словами, он должен быть настроен на поддержку создания низ-

козатратной и высококачественной продукции, реализация которой приведет к устойчивому росту и инновационному развитию предприятия на растущем рынке.

В связи с этим есть необходимость в разработке универсальной методики управления производительностью труда, используя определенный набор показателей. На рис. 3 представлена схема использования определенной системы показателей при управлении производительностью труда, которая вполне способна быть основой создания механизма управления производительностью труда на предприятиях текстильной промышленности [4].



Рис. 3

На протяжении последних лет отечественными и зарубежными учеными доказывалась главенствующая роль сотрудников при оценке перспектив развития предприятия. Особо выделяется уровень компетентности сотрудников и их общий настрой на постоянное обучение, развитие и повышение квалификации (Learning and growth Employees). Все это получило достаточно широкое распространение в рамках сбалансированной системы показателей (далее ССП, balanced scorecard, BSC), которая дает понять необходимость инвестирования не только в НИОКР, но и в инфраструктуру предприятия.

ССП согласовывает интересы сотрудников на различных уровнях иерархии посредством направления внимания на одни стратегические цели или на один и тот же набор показателей [5], [6]. Необходимо сказать, что данная методика работы возможна только при существующей и рабо-

тающей на предприятии ССП (рис. 4 – система сбалансированных показателей организации).

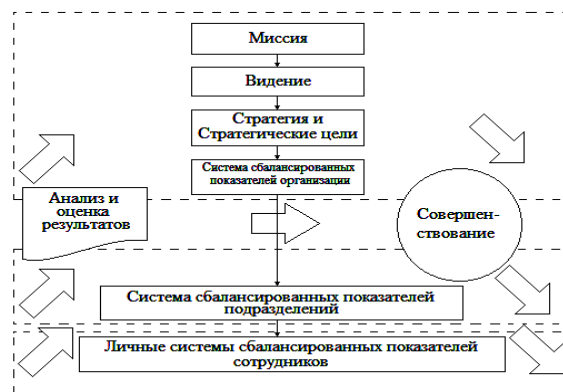


Рис. 4

Отдельный работник предприятия составляет свою индивидуальную ССП, и этот процесс является составной частью планирования результатов деятельности. Например, личная ССП руководителя предприятия или его заместителей должна стыковаться с результатами плановых показателей подразделений и всего предприятия в целом. Только в этом случае возможно достижение поставленных задач, в частности, повышение уровня производительности труда и соответственно длительная, эффективная и устойчивая деятельность предприятия.

Исходя из вышеизложенного, при оценке всех показателей работника, ССП позволяет делать выводы о достаточно большом количестве характеристик: удовлетворенность условиями труда, производительность и эффективность в целом, что в свою очередь напрямую влияет на деятельность предприятия и позволяет оперативно реагировать, принимать решения и разрабатывать соответствующие меры [7]. Необходимо отметить, что эффективность всей ССП можно достичь только в случае исполнения следующих принципов.

- Единое руководство.
- Строгое подчинение сотрудника руководителю.
- Соблюдение дисциплины.
- Единые правила для всех работников.
- Справедливое денежное вознаграждение.

Следует отметить, что внедрение ССП необходимо проводить одновременно с разработкой и установлением ясной системы комплексного управления организацией, основными элементами которой являются:

- эффективная система бюджетирования и планирования;
- гибкая организационная структура управления;
- ясность функционала сотрудников;
- ясная система документооборота и различных регламентов.

Если перечисленные элементы в организации существуют, то не должно возникать постоянных вопросов: кто, что и когда делает. Применение процессов управления производительностью труда на всех стадиях жизненного цикла может оказать положительное влияние на эффективность управленческой деятельности, поскольку:

1) привлекается внимание руководителей всех уровней, оказывающих воздействие на производительности труда;

2) появляется возможность привлечения работников не только в процесс изменения производительности, но и мотивировать их активность для поиска резервов ее повышения, не дожидаясь решений руководства;

3) оценка показателей производительности труда дает возможность принимать быстрые решения, связанные с качеством и ценой продукции, позволяя тем самым снизить возможные убытки;

4) использование показателей производительности труда на всех стадиях жизненного цикла позволяет построить эффективную систему управленческого учета и финансового контроля.

ВЫВОДЫ

1. Управление производительностью труда на предприятиях текстильной промышленности необходимо для повышения эффективности деятельности самих предприятий, увеличения конкурентоспособности продукции и прибыли, без увеличения объема продаж. Все современные предприятия, в первую очередь зарубежные, ориентированы на увеличение прибыли посредством увеличения производительности тру-

да, так как добиться этого таким путем гораздо проще, чем наращивать объемы производства и снижать издержки.

2. В современных условиях усиления глобальной конкуренции прибыль не может являться надежным ориентиром устойчивой работы организации в долгосрочной перспективе. Управление же на основе производительности труда позволяет оценивать состояние дел с поправкой на негативные процессы. Ориентация на рост производительности труда позволяет сместить акценты с оценки текущего состояния производства на перспективу, что дает возможность предприятиям текстильной промышленности занять достойное место на своем рынке среди множества конкурентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Россия в цифрах 2017 г. Краткий статистический сборник // Росстат. – М., 2017.
2. Горбунов А.П. Сверхсущность труда и эволюция создаваемых им типов ценности, стоимости. От наемного труда и финансового капитала – к преобразовательному самодеятельному сверхтруду и сверхкапиталу // Вестник Пятигорского государственного университета. – 2018, № 1.
3. Гумба Х.М., Уварова С.С., Воронов Д.С., Ерыпалов С.Е. Конкурентоспособность предприятий в условиях организационно-экономических изменений // Экономика и предпринимательство. – 2017, № 3-1 (80-1). С. 866...872.
4. Нежникова Е.В. Концепция государственной политики на рынке труда как основа развития национальной экономики // Экономика и предпринимательство. – 2018, № 1 (90-1).
5. Aloyan R.M., Tatjewski P.B., Fedoseev V.N., Zaitseva I.A. Risk Assessment of Investment Projects for the Development of Technopark of the Ivanovo Region // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016, №1.
6. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Oparina L.A. Comparative analysis of resource - and energy-saving characteristics in the application of geotextile in construction // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016, №1. P. 10...13.
7. Politi V.V. Theoretical and practical aspects of economic turbulence in the market environment of the enterprise // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2017, №2. P. 80...84.

REFERENCES

1. Rossiya v tsifrah 2017 g. Kratkiy statisticheskiy sbornik // Rosstat. – M., 2017.
2. Gorbunov A.P. Sverkhshchnost' truda i evolyutsiya sozdavaemykh im tipov tsennosti, stoimosti.

От наемного труда и финансового капитала – к преобразовател'ному самодейател'ному сverkhtrudu i sverkhkapitalu // Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2018, № 1.

3. Gumba Kh.M., Uvarova S.S., Voronov D.S., Erypalov S.E. Konkurentosposobnost' predpriyatij v usloviyakh organizatsionno-ekonomicheskikh izmeneniy // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2017, № 3-1 (80-1). S. 866...872.

4. Nezhnikova E.V. Kontsepsiya gosudarstvennoy politiki na rynke truda kak osnova razvitiya natsional'noy ekonomiki // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2018, № 1 (90-1).

5. Aloyan R.M., Tatjewski P.B., Fedoseev V.N., Zaitseva I.A. Risk Assessment of Investment Projects for the Development of Technopark of the Ivanovo

Region // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016, №1.

6. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Oparina L.A. Comparative analysis of resource - and energy-saving characteristics in the application of geotextile in construction // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2016, №1. P. 10...13.

7. Politi V.V. Theoretical and practical aspects of economic turbulence in the market environment of the enterprise // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2017, №2. P. 80...84.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 14.01.19.

УДК 338

АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ И ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРЕХОДА ЭКОНОМИКИ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ANALYSIS OF THE READINESS AND JUSTIFICATION OF NECESSITY OF TRANSITION OF ECONOMY OF THE INDUSTRIES TO USING DIGITAL TECHNOLOGIES

О.А. БУРОВА

О.А. BUROVA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: OA_Burova_akadem@mail.ru

В стратегии роста экономики страны значительная роль отводится внедрению цифровых технологий, которые тесно переплетаются с передовыми производственными технологиями, что особенно актуально для обрабатывающих отраслей. Представлены индикаторы оценки готовности и зрелости экономики к использованию цифровых технологий, проведен анализ данных в отраслевом разрезе, характеризующих состояние цифровой экономики страны, выявлены проблемы, сдерживающие ее рост, и определены мероприятия развития цифровой экономики на перспективу в текстильной промышленности.

A significant role in the country's economic growth strategy is given to the introduction of digital technologies, which are closely intertwined with advanced production technologies, which is especially important for the manufacturing industries. The indicators of assessment of readiness and maturity of the economy for the use of digital technologies are presented, the analysis of data in the sectoral context characterizing the state of the digital economy of the country is carried out, the problems constraining its growth are revealed and the measures of development of the digital economy for the future in the textile industry are defined.

Ключевые слова: стратегия роста экономики, цифровые технологии, технологическое обновление производства в текстильной отрасли, готовность и зрелость к применению цифровых технологий, индекс сетевой готовности.

Keywords: economic growth strategy, digital technologies, technological renewal of production in the textile industry, readiness and maturity for the use of digital technologies, network readiness index.

Современная экономика основывается на информации и информационных технологиях, обеспечивается развитым информационным пространством, направленным на получение достоверных данных о происходящих социально-экономических процессах в обществе и государстве. Основным недостатком традиционных методов обработки данных, требующих внедрения новых цифровых технологий, является низкая скорость обработки данных, системы хранения больших данных, невозможность обработки неструктурированных данных. Цифровые технологии тесно переплетаются с передовыми производственными технологиями, что в значительной степени влияет на весь производственный процесс, что особенно актуально для обрабатывающих отраслей.

Использование цифровых технологий будет способствовать росту экономики, поможет решить насущные социальные и глобальные проблемы, упрощая коммуникации между государством, бизнесом и гражданским обществом. Цифровой экономике посвящена существенная часть проекта комплексного плана действий Правительства РФ на 2017–2025 гг., согласно среднесрочной программе "Стратегия роста" социально-экономического развития РФ. Частью этой программы стала программа "Цифровая экономика Российской Федерации". Данная программа не только нацелена на изменения внутри страны, но предусматривает тесную интеграцию в пространство цифровой экономики Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Группой Всемирного банка и Евразийской экономической комиссией была проведена совместная исследовательская работа по изучению опыта и разработке рекомендаций для получения экономического эффекта от

развития цифрового пространства ЕАЭС. Была разработана модель цифрового пространства до 2025 г., что позволит каждой стране внести свой посильный вклад в новые цифровые технологии и совместными усилиями обеспечить новый уровень в развитии экономических отношений между странами [4].

Главная особенность цифровой экономики страны заключается в том, что ключевым фактором производства в ее хозяйственной деятельности являются данные в цифровой форме, обеспечиваемые развитым информационным пространством, что позволяет применять данные в новых целях, для разработки новых идей и принятия управленческих решений. Концепцию цифровой экономики определяет то, что центром современной экономики является не производство, как в индустриальной экономике, а инжиниринг, развитие которого и будет содействовать реализации стратегии ее дальнейшего роста. Россия располагает большими ресурсами и может быть одной из лидирующих держав в части развития цифровых технологий.

В мировой практике уже существуют показатели, отражающие готовность стран к цифровой экономике. Так, индекс сетевой готовности (NRI) отражает уровень готовности стран к использованию информационно-коммуникационных технологий в социальной и экономической сферах общества. По данным 2016 г. по этому индексу Россия набрала 4,5 балла из 7 возможных и заняла 41 место в мире. Следует отметить отставание государственного сектора по использованию цифровых технологий от индивидуального использования ИКТ населением.

В России в 2016 г. наблюдалось 166 тыс. организаций сектора ИКТ со среднеспи-

сочной численностью работников 1349 тыс. человек, что составило 3% от общей численности работников организаций. В целях определения уровня готовности и зрелости страны к внедрению цифровых технологий

Росстатом в 2016 г. проводилось обследование организаций в региональном разрезе по использованию персональных компьютеров и Интернета, результаты которого представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Общий вес организаций в общем числе обследованных, %	Число регионов, использующих персональные компьютеры, единиц	Удельный вес, в %	Число регионов, использующих Интернет, единиц	Удельный вес, в %
До 80	1	1,2	6	7,3
80...85	4	4,9	10	12,2
85...90	17	20,7	26	31,7
90...95	23	28,1	27	32,9
95...100	37	45,1	13	15,9
Итого	82	100,0	82	100,0

Данные табл. 1 показывают, что более чем в 73% (60 ед.) субъектах РФ удельный вес организаций, использующих персональные компьютеры в общем числе обследованных организаций, превысил 90%. В группу с интервалом менее 80% вошел всего один регион, большинство же регионов более интенсивно используют персональные компьютеры. Сеть Интернет широко используется во всех регионах, хотя есть и отстающие регионы, где Интернет востребован в меньшей степени.

Взаимосвязь в использовании передовых производственных технологий и цифровых технологий можно проследить в отраслевом разрезе на примере текстильной отрасли. Оценить уровень готовности к использованию цифровых технологий текстильной промышленности можно по данным Росстата в части приобретения организациями новых технологий (технических средств), программных средств и используемых передовых производственных технологий в 2017 г., представленных в табл. 2 [5].

Т а б л и ц а 2

Наименование показателей	Всего по стране	В производстве текстильных изделий
Количество приобретенных новых технологий, программных средств, ед.	20 042	25
Число используемых передовых производственных технологий, ед.	240 054	1011

Приведенные данные свидетельствуют о том, что удельный вес приобретенных новых технологий, программных средств в текстильной промышленности (0,12%) от общего количества по стране пока значительно меньше удельного веса от числа используемых передовых производственных технологий в текстильной промышленности (0,42%) относительно страны в целом.

Средства, затрачиваемые на развитие цифровых технологий, варьируют как по отраслям, так и по отдельным регионам страны, уровень бюджетных расходов регионов Рос-

сии на информатизацию различный. Согласно данным Росстата, в 2016 г. затраты государственного бюджета по статье "Связь и информатика" составили 87,5 млрд. руб., в том числе 31,2 млрд. руб. – расходы Федерального бюджета, 56,3 млрд. руб. – консолидированные расходы бюджетов субъектов РФ [2].

В табл. 3 представлены официальные данные о структуре государственных затрат в РФ на ИКТ в 2016 г. по отраслям (в % к итогу соответствующего вида деятельности).

Наименование	Всего на ИКТ	Техника	Софт	Услуги связи	Интернет-доступ	Обучение
Всего по отраслям	100,0	23,1	17,3	30,7	8,8	0,8
Государственное управление	100,0	27,7	13,9	31,2	9,8	0,6
Высшее образование	100,0	48,1	11,7	17,9	7,0	0,8
Здравоохранение и социальные услуги	100,0	22,0	10,9	41,9	12,5	1,0

Из данных табл. 3 видно, что в целом по отраслям наибольший удельный вес затрат приходится на развитие услуг связи (30,7%) и технику (23,1%), меньше всего на обучение – 0,8%. В системе государственного управления затраты на услуги связи составляют 31,2%, в системе высшего образования – 17,9%, по здравоохранению и социальным услугам – 41,9%. Наибольшие затраты на технику (48,1%) осуществляются в системе высшего образования.

Более широкий круг показателей, позволяющий полно характеризовать распространённость и доступность ИКТ как в различных сферах жизнедеятельности общества (образование, государственное управление, бизнес), так и населения в целом, можно получить по данным мониторинга развития информационного общества в РФ на сайте Росстата. Данные мониторинга за период с 2010 по 2016 гг. показывают положительную динамику роста электронных средств обучения в образовательных организациях высшего образования. Число персональных компьютеров, используемых в учебных целях, находящихся в составе локальных вычислительных сетей в расчете на 100 студентов, увеличилось в 1,5 раза и в 2016 г. каждые 100 студентов были обеспечены 22 компьютерами. Число используемых компьютеров, имеющих доступ в Интернет, в расчете на 100 студентов также возросло в 1,6 раза к 2016 г. По данным Министерства науки и высшего образования 8441 программа, реализуемая организациями высшего образования, была основана на применении электронного обучения [5].

Удельный вес домашних хозяйств, имеющих персональные компьютеры, в общем числе домашних хозяйств постепенно растет и в 2016 г. составил 78,4%, имеющих доступ к сети Интернет – 78,4%, в том чис-

ле широкополосный – 70,7%. Значение показателей для населения в трудоспособном возрасте были выше. Персональные компьютеры использовали 80,6% домашних хозяйств, сеть Интернет – 80,8%. Среди населения молодых возрастных групп сеть Интернет использовалась наиболее активно: в возрастной группе 15...24 года удельный вес составил 95%, 25...34 года – 92%.

Развитие ИКТ способствует трансформации многих секторов экономики, повышает эффективность ведения бизнеса и государственного управления, создает возможности возникновения новых форм обучения, коммуникации и социализации людей, обеспечивает более широкий доступ к различным видам информации. Стремительное развитие сетевых технологий преобразует производственные процессы и формы взаимодействия между экономическими объектами на фоне цифровизации экономики и формирования новых ее сегментов, связанных с Интернетом.

Так как экономики различных стран все в большей степени используют цифровые технологии, многими организациями рассчитываются международные рейтинги цифровой экономики по странам. Кроме индекса развития ИКТ для оценки готовности к цифровой экономике используются и другие индексы, например, индекс развития электронного правительства и индекс готовности к сетевому обществу. В 2016 г. первое место по индексу развития электронного правительства заняла Великобритания, на втором – Австралия, Россия – на 35 месте. По индексу готовности к сетевому обществу первое место занимает Сингапур, второе – Финляндия, Россия находится на 41 месте [1].

Комплексно оценить зрелость цифровой экономики страны можно с помощью коэффициента, предложенного компанией

Huawei. Компания рассчитывает индекс цифровой трансформации GCI (Global Competitiveness Index), который включает 40 показателей. В число показателей этого индекса включены параметры производительности (спрос, предложение, качество обслуживания, потенциал) и обеспечения трансформации (Большие Данные, облака, широкополосный доступ, центр обработки данных и интернет вещей). По шкале индекса GCI прошли оценку 50 стран, на которые приходится 90% мирового ВВП. Страны "передовики" достигли гораздо больших успе-

хов в таких областях, как облачные вычисления, обработка "больших данных" интернет вещей, что является показателем лучшей готовности к внедрению цифровых технологий в различные сферы экономики. Лидерами по значению индекса являются США, Сингапур и Швеция. Россия занимает 26 место в рейтинге [7].

Интернет вещей развит в нашей стране на достаточном уровне. Динамика объема электронной торговли в РФ за период 2012-2016 гг. представлена в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Показатели \ Годы	2012	2013	2014	2015	2016
Оборот розничной торговли, млрд. руб.	21395	23686	26356	27527	28317
Объем продаж российских интернет-магазинов, млрд. руб.	315	415	560	650	800
Доля в обороте розничной торговли, %	1,5	1,8	2,1	2,4	2,8
Средний чек в российских интернет-магазинах, руб.	3105	3260	3750	4050	4090

Из данных табл. 4 видно, что наблюдается положительная тенденция роста объема продаж российских интернет-магазинов. Доля электронной торговли в розничном обороте ежегодно увеличивается, начиная с 1,5% в 2012 г. до 2,8% в 2016 г. Быстрое развитие электронной торговли объясняется тем, что интернет-торговля – один из наименее затратных способов бизнеса в сфере розничной торговли. Для покупателя – это возможность экономии денег за счет более привлекательных цен товаров и за счет доставки товара на дом в удобное время. К преимуществам интернет-магазинов следует также отнести их круглосуточную работу и возможность оплаты покупки или услуги с помощью розничных систем электронных платежей [6].

Внедрение цифровых технологий в РФ сдерживается определенными проблемами, одной из которых является дефицит человеческого капитала, об этом говорят сегодня 90% международных компаний, испытывающих дефицит "цифровых талантов". Решением этой проблемы являются инвестиции в человеческий капитал, производство знаний, обучение людей цифровым технологиям и активное привлечение граждан к использованию информационных ресур-

сов, разработанных государством. Все производственные системы нуждаются в "цифровых специалистах", в том числе и текстильная отрасль. Цифровая экономика ведет нас к тому, что большинство трудовых отношений станут дистанционными, для их оформления в электронном режиме потребуется система цифровых подписей, что требует доработки и формирования единой среды доверия, имеющей юридическое значение, что также порождает новые проблемы в обществе. В условиях цифрового пространства появятся новые возможности развития человеческого потенциала, его профессионального роста.

К ряду других проблем можно отнести рост киберпреступности в связи с возможностью доступа к персональным данным граждан и информации предприятий. Многие страны уже столкнулись с подобными сложностями: кражей персональных данных интеллектуальной собственности, мошенничества с банковскими картами, хакерскими атаками и утечкой информации. Создание цифровых валют (криптовалют), которых зафиксировано около 2 тысяч видов на сумму 30...35 млрд. долл. США, вызвало настоящий переполох в мире денег и финансов. В России, как и в других стра-

нах, происходит постепенная легализация криптовалют, что может вызвать затруднения в контроле движения денежных и финансовых активов, так как выпуск частных цифровых валют и использование происходит без участия центральных и коммерческих банков.

В настоящее время, чтобы повысить готовность и зрелость общества к использованию цифровых технологий, необходимо: совершенствование материально-технической базы информатизации; проведение научно-исследовательских работ в области ИКТ; развитие телекоммуникационных услуг и сервисов; организация и проведение курсов повышения квалификации по вопросам внедрения ИКТ, проведение научно-технических конференций, семинаров, практикумов для работников предприятий, представителей вузов по использованию новейших информационных технологий. Дальнейшее развитие информационных и коммуникационных технологий будет способствовать развитию информационной сферы общества и улучшению коммуникации между людьми.

ВЫВОДЫ

1. На развитие цифровых технологий в большей степени оказывает влияние государство, которое располагает значительными управленческими, финансовыми, законодательными ресурсами, поэтому обеспечить готовность экономики к постепенному переходу к цифровым технологиям – его основная задача.

2. Основное направление деятельности государственной программы будет ориентировано на человека, открытость данных, интеграцию информационных систем, электронного правительства, развитие электронного образования, а также беспрепятственного доступа ко всем услугам через мобильные устройства. Проектом госпрограммы предусмотрен общий объем финансирования порядка 1,5 млрд. руб. на 2018-2023 гг.

3. Готовность и зрелость общества к использованию цифровых технологий спо-

собствуют непрерывному повышению уровня квалификации населения и развитию новых навыков в цифровом пространстве посредством непрерывного обучения и более гибкой образовательной системы.

4. Оценивая готовность и зрелость страны к использованию цифровых технологий и связанных с ними инноваций, следует сказать, что они являются важным рычагом в стратегии роста экономики страны, экономического развития, предлагая прогрессивные решения глобальных проблем, повышая эффективность управленческих решений и стимулируя активное участие бизнеса и гражданского общества в формировании экономического благосостояния России.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдрахманова Г.И., Гохберг Л.М., Кевеш М.А.* Индикаторы цифровой экономики: 2017 // Статистический сборник. – М.: НИУ ВШЭ, 2017.
2. *Жаркова К.С., Абрамова Д.Д.* Статистика применения информационно-компьютерных технологий в РФ // Сб. научн. ст. Междунар. научн.-практ. конф. 1-2 февраля 2018 г. Санкт-Петербург. – СПб.: СПбГЭУ, 2018. С.117...119.
3. *Трофимов В.В., Трофимова Е.В.* Стратегия развития информационно-коммуникационных технологий как основа формирования цифровой экономики // Сб. научн. ст. Междунар. научн. конф.: Интеллектуальные и информационные технологии в формировании цифрового общества. 20-21 июня 2017 г. Санкт-Петербург. – СПб.: СПбГЭУ, 2017. С.43...51.
4. Цифровая повестка Евразийского экономического союза до 2025 года: перспективы, рекомендации. Обзор 2017 (Электронная версия: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/SiteAssets/>)
5. *Умнов С.В.* Digital-интеллект: новые требования к людям в бизнесе // Мат. Междунар. конф.: Ключевые компетенции XXI века: новые измерения грамотности современного человека, октябрь 2015 г. (Электронная версия: <http://piaac.ru/conf2015/umnov.pdf>)
6. *Бурова О.А.* Цифровая экономика России – как ключевой фактор качественного роста технологий в бизнесе и образовании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №4.
7. *Халезова К.А.* О необходимости внедрения системы комплаенс-контроля хозяйствующими субъектами малого и среднего бизнеса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №1.

REFERENCES

1. Abdrakhmanova G.I., Gokhberg L.M., Kevesh M.A. Indikatory tsifrovoy ekonomiki: 2017 // Statisticheskiy sbornik. – M.: NIU VShE, 2017.

2. Zharkova K.S., Abramova D.D. Statistika primeneniya informatsionno-komp'yuternykh tekhnologiy v RF // Sb. nauchn. st. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. 1-2 fevralya 2018 g. Sankt-Peterburg. – SPb.: SPbGEU, 2018. S.117...119.

3. Trofimov V.V., Trofimova E.V. Strategiya razvitiya informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy kak osnova formirovaniya tsifrovoy ekonomiki // Sb. nauchn. st. Mezhdunar. nauchn. konf.: Intellektual'nye i informatsionnye tekhnologii v formirovanii tsifrovogo obshchestva. 20-21 iyunya 2017 g. Sankt-Peterburg. – SPb.: SPbGEU, 2017. S.43...51.

4. Tsifrovaya povestka Evraziyskogo ekonomicheskogo soyuza do 2025 goda: perspektivy, reko-

mendatsii. Obzor 2017 (Elektronnaya versiya: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/SiteAssets/>)

5. Umnov S.V. Digital-intellekt: novye trebovaniya k lyudyam v biznese // Mat. Mezhdunar. konf.: Klyuchevye kompetentsii XXI veka: novye izmereniya gramotnosti sovremennogo cheloveka, oktyabr' 2015 g. (Elektronnaya versiya: <http://piaac.ru/conf2015umnov.pdf>)

6. Burova O.A. Tsifrovaya ekonomika Rossii – kak klyuchevoy faktor kachestvennogo rosta tekhnologiy v biznese i obrazovanii // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, №4.

7. Khalezova K.A. O neobkhodimosti vnedreniya sistemy kompliens-kontrolya khozyaystvuyushchimi sub"ektami malogo i srednego biznesa // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, №1.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 14.01.19.

УДК 621.317.3

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИСКОЗНОГО ВОЛОКНА

ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF VISCOSE FIBER

О.Н. КРЮТЧЕНКО, Д.А. МОРОЗОВ, М.В. ЧИРКИН

O.N. KRYUTCHENKO, D.A. MOROZOV, M.V. CHIRKIN

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

(Ryazan State Radio Engineering University)

E-mail: moroz7124@vandex.ru; chirk.mikhail@vandex.ru.

Разработана конструкция экспериментального макета и проведены исследования электрофизических свойств вискозного волокна в диапазоне частот до 10 МГц.

Показано, что при влажности волокна, не превышающей 11%, регистрация действительной части диэлектрической проницаемости волокна позволяет реализовать абсолютный метод определения его влажности.

При влажности волокна в диапазоне 3...15% содержание воды в волокне может быть определено на основании измерения действующего значения силы тока, протекающего через пробу волокна на частотах 20...50 кГц.

The construction of experimental layout is worked out and studies of electrophysics properties of viscose fibre in the frequency range to 10 MHz.

It is shown that when the fiber moisture content not exceeding 11%, the registration of the valid part of dielectric permeability of the fiber allows absolute method to determine its humidity.

At a relative humidity of fiber in the range of 3...15% water content in the fiber can be determined based on the measurement of the current value of the current flowing through the sample fiber at frequencies of 20...50 kHz.

Ключевые слова: влажность вискозного волокна, действительная и мнимая часть диэлектрической проницаемости, проводимость.

Keywords: viscose fiber moisture, real and imaginary part of dielectric constant, conductivity.

Для изучения электрофизических свойств вязкого волокна [1...3] использован макет, представляющий собой разборный параллелепипед объемом $a \times b \times c = 0,0025 \text{ м}^3$ (рис. 1 – модель экспериментального макета), изготовленный из листовой стали. На внутренних боковых стенках макета располагался стеклотекстолит с проводящими электродами.

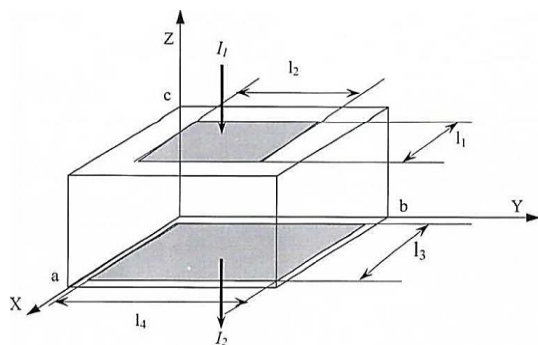


Рис. 1

Решена задача о распределении плотности тока по объему вязкого волокна в условиях, когда на электрод 1 размерами $l_1 \times l_2$ (область D_1) подано переменное напряжение U (действующее значение), а электрод 2 и корпус макета заземлены, при следующих предположениях:

- потенциал электрического поля в макете изменяется по закону $\varphi(x,y,z,t) = \dot{\varphi}(x,y,z)e^{i\omega t}$ (ω – частота поля, $\dot{\varphi}$ – комплексная амплитуда потенциала);

- рассматриваемая среда изотропна, а ее электрофизические свойства описываются проводимостью по постоянному току σ_0 и комплексной диэлектрической проницаемостью, равной $\varepsilon = \varepsilon'(\omega) - i\varepsilon''(\omega)$.

При соблюдении указанных предположений пространственное распределение комплексной амплитуды потенциала подчиняется уравнению Лапласа: $\nabla^2 \dot{\varphi} = 0$, а производная потенциала на верхней грани удовлетворяет условию:

$$\left. \frac{\partial \dot{\varphi}}{\partial z} \right|_{z=c} = \begin{cases} -\dot{E} = \frac{\dot{I}_1}{I_1 I_2 \sigma}, & x, y \in D_1, \\ 0, & x, y \in D_2, \end{cases} \quad (1)$$

где \dot{I}_1 – комплексная амплитуда тока, поступающего на электрод 1; $\sigma = \sigma_0 + i\omega\varepsilon_0(\varepsilon' - i\varepsilon'')$ – комплексная проводимость среды.

Решение уравнения Лапласа с граничными условиями (1) имеет следующий вид:

$$\dot{\varphi}(x, y, z) = \frac{l_1 \sigma_1 a}{\pi^3 \sigma l_1 l_2} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^{m+n} \sin \frac{(2n+1)\pi l_1}{2a} \sin \frac{(2m+1)\pi l_2}{2b} \operatorname{sh} \left(\pi \sqrt{(2n+1)^2 (2m+1)^2 \left(\frac{a}{b}\right)^2 \frac{z}{a}} \right)}{(2n+1)(2m+1) \sqrt{(2n+1)^2 (2m+1)^2 \left(\frac{a}{b}\right)^2} \operatorname{ch} \left(\pi \sqrt{(2n+1)^2 (2m+1)^2 \left(\frac{a}{b}\right)^2 \frac{c}{a}} \right)} \sin \frac{(2n+1)\pi x}{a} \sin \frac{(2m+1)\pi y}{b}. \quad (2)$$

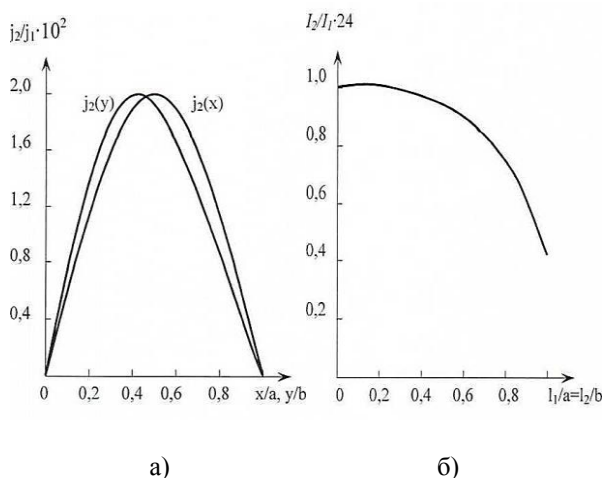


Рис. 2

Распределение плотности тока в плоскости $z=0$, рассчитанное в соответствии с (2), приведено на рис. 2-а. Если l_1/a и $l_2/b > 0,8$, то на электрод 1 идет практически весь ток, приходящийся на соответствующую грань параллелепипеда (рис. 2 – распределение тока по поверхности электрода 1 (а) и зависимость коэффициента передачи тока от относительного размера электрода 2 (б)).

На практике при проведении измерений в широком диапазоне частот удобнее регистрировать ток I_2 , поступающий на электрод 2.

трод 2, модулирующее напряжение U и разность фаз между ними. Поэтому существенное значение имеет выбор относительных размеров первого электрода: l_1/a и l_2/b (рис. 1), поскольку их величина определяет соотношение между токами I_1 и I_2 . Причина данного эффекта заключается во влиянии отношений l_1/a и l_2/b на долю тока, поступающего на боковые заземленные стенки ма-

Здесь

$$\sum_1 \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin \frac{(2n+1)\pi l_1}{2a} \sin \frac{(2m+1)\pi l_2}{2b}}{(2n+1)^2 (2m+1)^2} \frac{\sin \frac{(2n+1)\pi l_1}{2a} \sin \frac{(2m+1)\pi l_2}{2b}}{\operatorname{ch} \left(\pi \sqrt{(2n+1)^2 (2m+1)^2 \left(\frac{a}{b} \right)^2 \left(\frac{c}{a} \right)^2} \right)},$$

$$\sum_2 \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin \frac{(2n+1)\pi l_1}{2a} \sin \frac{(2m+1)\pi l_2}{2b}}{(2n+1)^2 (2m+1)^2 \sqrt{(2n+1)^2 (2m+1)^2 \left(\frac{a}{b} \right)^2}}.$$

Результаты расчетов приведены рис. 2-б. Из него следует, что величины отношений l_1/a и l_2/b целесообразно выбирать больше 0,5. В этом случае отношение I_1/I_2 заметно падает из-за увеличения доли тока, текущего на боковые стенки. Для используемой геометрии измерительной ячейки потери на боковые стенки не превышают 20% от I_2 , а рассчитанные величины коэффициентов \sum_1 и \sum_2 составляют 0,02 и 0,678 соответственно.

Соотношение (4) позволяет выразить проводимости σ волокна по переменному току через ряд легко контролируемых параметров:

$$\sigma = \frac{I_2}{U} (\cos \Delta\varphi + \ell \sin \Delta\varphi) \frac{\pi}{4b} \frac{\sum_2}{\sum_1}, \quad (5)$$

где U и I_2 – действующие значения подаваемого на электрод 1 напряжения и тока в цепи второго электрода, а $\Delta\varphi$ – разность фаз между ними.

Аппроксимация частотной зависимости действительной части комплексной проводимости волокна квадратичной функцией [4], [5], вида $\operatorname{Re} \sigma = \sigma_0 + k\omega^2$, позволяет уста-

новить величину его проводимости по постоянному току путем экстраполяции частотной зависимости действительной части проводимости σ при $\sigma \rightarrow 0$.

Частотные зависимости действительной $\varepsilon'(\omega)$ и мнимой $\varepsilon''(\omega)$ части диэлектрической проницаемости волокна рассчитываются по формулам:

$$\varepsilon' = \frac{\operatorname{Im} \sigma}{\varepsilon_0 \omega}, \quad \varepsilon'' = \frac{\operatorname{Re} \sigma - \sigma_0}{\varepsilon_0 \omega}.$$

Схема экспериментальной установки для измерения электрофизических характеристик вискозного волокна приведена на рис. 3, где 1 – генератор; 2 – усилитель; 3 – экспериментальный макет; 4, 6 – милливольтметры; 5 – измеритель разности фаз; 7 – частотомер.

Переменное напряжение U от генератора гармонических колебаний через усилитель 2 подается на электрод 1. К этому же электроду через частотно-независимый делитель подключены милливольтметр и первый канал измерителя разности фаз. Ток I_2 определяется по падению напряжения на сопротивлении R , к которому также подключается второй канал измерителя разности

фаз. Величина измерительного сопротивления R в зависимости от частотного диапазона варьируется от 24 Ом до 4 кОм.

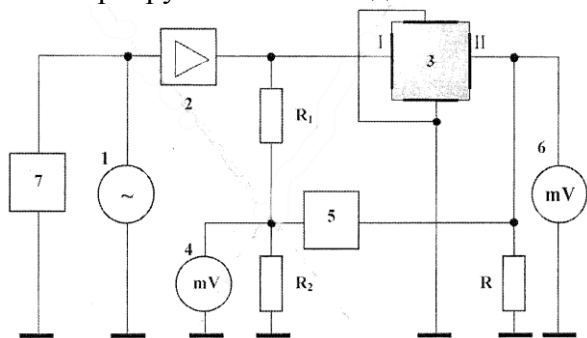


Рис. 3

Перед проведением измерений в сухое волокно массой 1 кг равномерно вводится необходимое количество воды. Затем волокно запрессовывается в макет до плотности 400 кг/м^3 и проводятся измерения частотной зависимости силы тока I_2 и его фазового сдвига относительно зондирующего напряжения U .

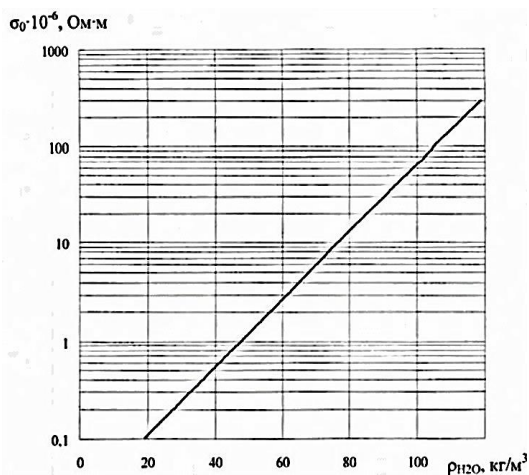


Рис. 4

На рис. 4 приведена зависимость σ_0 по постоянному току от содержания воды в волокне – $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$. В полулогарифмическом масштабе установленная зависимость представляет собой прямую линию, что указывает на степенной характер зависимости $\sigma_0 = f(\rho_{\text{H}_2\text{O}})$. В диапазоне влажности волокна от 3 до 15% проводимость σ_0 изменяется на несколько порядков.

Частотная зависимость эффективной диэлектрической проницаемости $\epsilon_{\text{эф}}$ волокна

приведена на рис. 5: содержание воды (в граммах) в одном килограмме сухого волокна: 1 – 77; 2 – 169; 3 – 225; 4 – 240. Ее величина рассчитывается из отношения U к I_2 в предположении преимущественно емкостного характера сопротивления исследуемой пробы. Наличие связанной в капиллярах воды (электролита) приводит к величинам эффективной диэлектрической $\epsilon_{\text{эф}}$ проницаемости, превышающей соответствующие значения для компонентов системы [5].

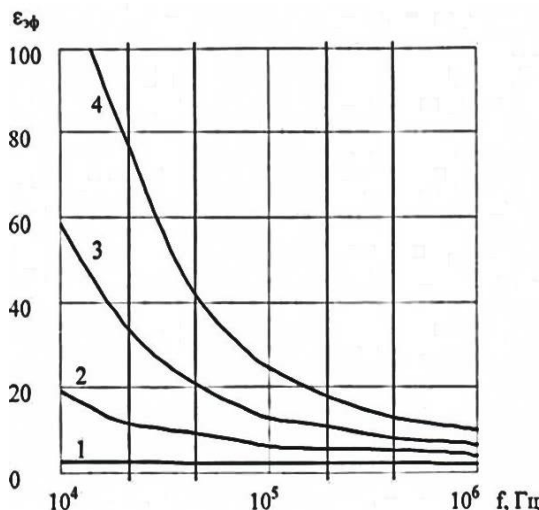


Рис. 5

Частотные зависимости действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости вязкого волокна при изменении плотности воды в пробе представлены на рис. 5. Из них следует, что при $\rho_{\text{H}_2\text{O}} < 50 \text{ кг/м}^3$ (влажность менее 11%) ϵ'' отличается от 0 лишь на частотах, превышающих 10^5 Гц. При больших $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ на графике $\epsilon''(\omega)$ появляется максимум на частотах порядка 10^4 Гц, чему соответствует процесс ориентации адсорбированных на поверхности волокна молекул воды (диполей) в направлении приложенного электрического поля. При $\rho_{\text{H}_2\text{O}} \leq 60 \text{ кг/м}^3$ ϵ' с изменением частоты приложенного поля меняется слабо, а ее зависимость от содержания воды в волокне описывается формулой Ланжевена-Дебая:

$$\frac{\epsilon' - 1}{\epsilon' + 2} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{3} \left(\alpha_0 + \frac{p^2}{3kT\epsilon_0} \right) + \frac{\epsilon_b - 1}{\epsilon_b + 1}. \quad (6)$$

Здесь ϵ_b – диэлектрическая проницаемость сухого волокна; n_{H_2O} – концентрация молекул воды; $p=6,2 \cdot 10^{-30}$ Кл·м – дипольный момент молекулы воды; $\alpha_0 = 1,44 \cdot 10^{-30}$ м³ – поляризуемость упругого смещения молекул воды; T – абсолютная температура.

Величина $\epsilon_b = 5,2$ определяется по уровню, до которого уменьшается диэлектрическая проницаемость высушенного волокна на частоте 6 МГц, когда вклад поляризации воды в величину ϵ' становится пренебрежимо малым. Использование соотношения (6) позволяет получить зависимость $\rho_{H_2O}(\epsilon')$ в виде:

$$\rho_{H_2O} = 248,8 \left(\frac{\epsilon' - 1}{\epsilon' + 2} - 0,583 \right) \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (7)$$

Расчетные значения ρ_{H_2O} , полученные с использованием выражения (7), хорошо совпадают с количеством воды, введенной в волокно. Практически формулой (7) можно пользоваться до значений $\rho_{H_2O} < 50$ кг/м³ (влажности 11%). Полученные результаты измерений составляющей диэлектрической проницаемости ϵ' создают основу абсолютного метода определения влажности волокна в диапазоне 3...11%.

Если массовое содержание воды в волокне превышает 11%, то величина ϵ' в низкочастотной области существенно возрастает. Данный факт свидетельствует о появлении еще одного механизма поляризации молекул воды с большим характерным временем, который можно интерпретировать как макрополяризацию раствора, заполняющего отдельные поры волокна [6]. В этом случае формула Ланжевена-Дебая не дает правильных результатов. Величина ϵ' начинает сильно зависеть от частоты приложенного сигнала и даже может превысить собственную диэлектрическую проницаемость воды.

Для измерений влажности волокна наиболее удобен низкочастотный диапазон по причине высокой чувствительности ϵ' к содержанию воды в волокне. В то же время, поскольку измеряемая сила тока I_2 пропорциональна частоте приложенного сигнала,

использование слишком низких частот приводит к значительным погрешностям. Поэтому в качестве компромиссного варианта предложен диапазон частот 20...50 кГц.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволили получить следующие результаты.

1. Определены оптимальные размеры электродов емкостного датчика.

2. Разработана методика исследования электрофизических свойств вискозного волокна при воздействии на него гармонического сигнала в диапазоне частот до 10 МГц.

3. Показано, что при влажности волокна, меньшей 11%, зависимость действительной части диэлектрической проницаемости волокна от содержания воды на низких частотах описывается формулой Ланжевена-Дебая.

4. Установлено, что при фиксированной массе сухого волокна и его влажности в диапазоне 3...15% содержание воды в волокне может быть определено на основании измерения действующего значения силы тока, протекающего через пробу волокна на частотах 20...50 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева Т.А., Бобров П.П. Определение диэлектрической проницаемости хлопка на СВЧ // В сб.: Радиофизика и исследование свойств вещества. – Омск: ОмГПУ, 1994. Вып.9. С.3...10.
2. Форейт И. Емкостные датчики неэлектрических величин. – М.: Энергия, 1966.
3. Буйлов П.В., Коробов Н.А. Перспективы использования емкостного метода контроля показателей качества текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 2. С. 157...159.
4. Баранцов В.И. Особенности короткоимпульсной радиолокации заглубленных объектов // Радиотехника и электроника. – 1988. Т.33, №8. С.1776...1779.
5. Фролов А.Д. Электрические и упругие свойства криогенных пород. – М.: Недра, 1976.
6. Седунов Б.И., Франк-Каменецкий Д.А. Диэлектрическая проницаемость биологических объектов // Успехи физических наук. – 1963. Т.79, №4. С.617...639.

REFERENCES

1. Belyaeva T.A., Bobrov P.P. Opredelenie dielektricheskoy pronitsaemosti khlopka na SVCh. // V sb.:

Radiofizika i issledovanie svoystv veshchestva. – Omsk: OmGPU, 1994. Vyp.9. S.3...10.

2. Foreyt I. Emkostnye datchiki neelektricheskikh velichin. – M.: Energiya, 1966.

3. Buylov P.V., Korobov N.A. Perspektivy ispol'zovaniya emkostnogo metoda kontrolya pokazateley kachestva tekstil'nykh materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2012, № 2. S. 157...159.

4. Barantsov V.I. Osobennosti korotkoimpul'snoy radiolokatsii zaglublennykh ob"ektov // Radiotekhnika i elektronika. – 1988. T.33, №8. S. 1776...1779.

5. Frolov A.D. Elektricheskie i uprugie svoystva kriogennykh porod. – M.: Nedra, 1976.

6. Sedunov B.I., Frank-Kamenetskiy D.A. Dielektricheskaya pronitsaemost' biologicheskikh ob"ektov // Uspekhi fizicheskikh nauk. – 1963. T.79, №4. S.617...639.

Рекомендована кафедрой электронных приборов. Поступила 29.03.16.

УДК 677.014/017.42

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН И НИТЕЙ ПРИ СКОРОСТНОМ РАСТЯЖЕНИИ

ASSESSMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF FIBERS AND THREADS AT SPEED TENSION

Е.Л. ПАШИН, А.В. ОРЛОВ

E.L. PASHIN, A.V. ORLOV

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: evgpashin@yandex.ru

Для проведения испытаний текстильных волокон и нитей при одноосном растяжении, сходном по условиям, возникающим при их переработке и эксплуатации, предложено использовать конструкцию копра. На этой основе разработан метод определения прочностных и деформационных характеристик анализируемого образца, заключающийся в контроле времени и угловой координаты перемещения маятника копра. Это обеспечивает определение углового ускорения, а по его величине – изменение усилия натяжения и деформации образца в процессе нагружения и разрушения.

Authors suggest using pendulum impact test to perform one-dimensional tension tests on textile fibers and threads in conditions similar to those existing during the manufacturing process. On this basis a method is suggested that allows determining tensile properties of the sample by measuring the timing and the angular coordinate of the pendulum. This allows calculation of the angular acceleration of the pendulum and torque applied by the sample, which, in turn, depends on sample's tensile strength and the way it deforms during the testing.

Ключевые слова: волокно, нить, разрыв, испытание, маятниковый копер, разрывное усилие, удлинение, угловое ускорение.

Keywords: fiber, thread, tension, testing, pendulum stress test, tensile strength, one-dimensional deformation, angular acceleration.

Решение задачи по определению механических свойств волокон и нитей при их скоростном растяжении было предложено провести, используя в качестве аналога маятниковый копер Гудбрандта (рис. 1 – схема испытания нити на разрыв с использованием копра маятникового типа: 1 – положение испытуемого образца при разных положениях маятника) [1].

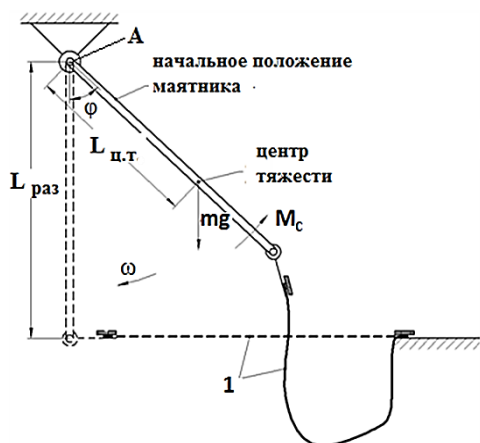


Рис. 1

Для этого применили общеизвестное уравнение динамики для вращательного движения твердого тела [2]. Согласно ему произведение момента инерции тела J_y на его угловое ускорение ε равно сумме моментов всех сил $\sum M_i$ относительно оси вращения. К числу формирующихся моментов в рассматриваемом случае (рис. 1) относим момент от действия силы натяжения испытываемого образца $M_{\text{РАЗ}} = R_{\text{РАЗ}} L_{\text{РАЗ}}$, момент от суммарного действия сил сопротивления перемещению маятника M_c (без учета $R_{\text{РАЗ}}$), момент от действия силы тяжести $M_G = mgL_{\text{ц.т.}} \sin \phi$. Поэтому в момент разрыва образца возможно определение $R_{\text{РАЗ}}$ с использованием зависимости:

$$R_{\text{РАЗ}} = \frac{J_y \varepsilon - M_c - mgL_{\text{ц.т.}} \sin \phi}{L_{\text{РАЗ}}} \quad (1)$$

Наиболее сложными в определении $R_{\text{РАЗ}}$ являются расчеты момента инерции маятника J_y и углового ускорения ε .

Для конкретной конструкции копра момент инерции относительно точки подвеса маятника является константой. Поэтому его величину предложено определять с использованием "метода малых колебаний" [2] по формуле:

$$J_y = \frac{aPT^2}{4\pi^2}, \quad (2)$$

где a – расстояние от оси подвеса до центра тяжести маятника; P – вес маятника; T – период малых колебаний.

Для определения углового ускорения ε необходима информация о характере изменения угловой координаты ϕ по времени при нагружении и разрушении образца. Отсюда расчет второй производной координаты ϕ по времени обеспечит знание величины $\varepsilon = d^2\phi/dt^2$.

Таким образом, необходим контроль углового перемещения маятника копра. Для этого предложено использовать датчик угла поворота оси A , на которой закреплен маятник (рис. 1). В настоящее время это технически решаемая задача, так как существуют и успешно применяются на практике различные типы таких датчиков, в том числе и безынерционных [3]. Они обеспечивают требуемую точность и быстродействие замера (разрешение более 4000 имп/об; частота выходного сигнала 10 и более кГц).

Заметим, что предложенные варианты расчета разрывной нагрузки $R_{\text{РАЗ}}$, наряду с традиционно определяемой на копрах работой разрушения, не являются достаточными для достижения поставленной цели: определение комплекса общепринятых механических свойств при растяжении [4]. Необходимы знания о деформационных характеристиках, а именно об относительной деформации волокна Δ , определяемой в % по формуле:

$$\Delta = \frac{(\phi - \phi_0)L_{\text{РАЗ}}}{L} \cdot 100, \quad (3)$$

где ϕ_0 – угловая координата маятника при нулевой деформации волокна; L – длина образца волокна или пряжи.

В связи с этим нами была обоснована возможность определения возникающей при испытании деформации. В основу положен алгоритм, реализующий сопоставление возникающих при разрушении (разрыве) образца дополнительных угловых ускорений ε маятника с угловым ускорением, имеющим место при свободном движении маятника $\varepsilon_{\text{хол}}$. С этой целью с помощью ЭВМ контролируют время измерения τ и угловую координату φ , а по характеру изменения и величине $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{\text{хол}} - \varepsilon$ определяют моменты времени начала воздействия на образец τ_1 ($\Delta\varepsilon \neq 0$), достижения максимального разрывного усилия τ_2 ($\Delta\varepsilon \rightarrow \max$) и полного разрушения образца τ_3 ($\Delta\varepsilon = 0$). После этого с помощью (1) рассчитывается значение силы натяжения для каждого момента времени между τ_1 и τ_3 . При этом знание значений угловой координаты обеспечивает возможность получения временной зависимости относительного удлинения образца в процессе его испытания (на стадиях нагружения, разрыва и окончательного разрушения), что достаточно для построения полной диаграммы растяжения.

ВЫВОДЫ

Предложенная методика расчета значений механических свойств волокон и нитей с использованием копра является основой нового способа испытания при высокоскоростном разрыве, особенностью которого

является определение не только работы разрушения испытываемого образца, но и совокупности общепризнанных прочностных и деформационных свойств с построением полной диаграммы растяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Садыкова Ф.А., Монастырский А.Г. Учение о волокнистых материалах. – М.: Легпромиздат, 1952.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986.
3. Карман А., Кожмяка А., Троцкий А. Датчики угла поворота // Мир автоматизации. – 2009, № 6. С. 22...26.
4. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. – М.: КолосС, 2011.

REFERENCES

1. Kukin G.N., Solov'ev A.N., Sadykova F.A., Monastyrskiy A.G. Uchenie o voloknistykh materialakh. – M.: Legpromizdat, 1952.
2. Targ S.M. Kratkiy kurs teoreticheskoy mekhaniki. – 10-e izd., pererab. i dop. – M.: Vysshaya shkola, 1986.
3. Karman A., Kozhemyaka A., Trotskiy A. Datchiki ugla povorota // Mir avtomatizatsii. – 2009, № 6. S.22...26.
4. Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: KolosS, 2011.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 28.11.17.

**УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМАТИВНОГО ЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРОЧНОСТИ
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛОТЕН
НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

**THE ESTABLISHMENT OF A STANDARD VALUE
FOR THE INDICATOR STRENGTH
GEOSYNTHETIC PAINTINGS BASED ON THE EVALUATION
OF DISTRIBUTION PARAMETERS**

М.А. ЛЫСОВА, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА, А.А. КУСЕНКОВА, Б.Н. ГУСЕВ

M.A. LYSOVA, N.A. GRUZINTSEVA, A.A. KUSENKOVA, B.N. GUSEV

**(Ивановский государственный химико-технологический университет,
Ивановский государственный политехнический университет)**

**(Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
Ivanovo State Polytechnical University)**

E-mail: galina@isuct.ru; mtsm@ivgpu.com

При разработке технических условий на новые виды текстильных изделий необходимо установить достоверные нормативные значения показателей качества. Наиболее приемлемый путь решения данной проблемы состоит в испытании опытных образцов изделия с последующей статистической обработкой получаемых данных.

When developing specifications for new types of textile products, it is necessary to establish reliable regulatory values of quality indicators. The most acceptable way to solve this problem is to test prototypes of the product with the subsequent statistical processing of the obtained data.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, показатели качества, нормативные значения.

Keywords: geosynthetic materials, quality indicators, standard values.

При производстве новых видов текстильных материалов (изделий) и создании на них соответствующих технических условий (ТУ) в виде стандарта организации (СТО) основной проблемой является установление объективных нормативных значений показателей качества. Проектируемые (прогнозируемые) нормативные значения [1], [2] могут быть недостоверными по различным причинам: из-за несовершенной методики проектирования, изменения сырьевого состава изделия и технологической цепочки при его производстве и ряда других причин. В этом случае наиболее достоверные результаты можно получить только на основе проведенных экспериментальных

исследований опытных образцов выработанного изделия и созданием соответствующей методики обработки полученных данных.

Объектом исследования являлось геополотно тканое "Ультрастаб", выработанное на станке СТБУ-540-1, изготовленным ВТФ "Текстильмаш" (г. Чебоксары) и размещенным на предприятии ООО "Ультрастаб" (пос. Грозилowo Тейковского р-на Ивановской обл.). Предметом исследования являлась абсолютная разрывная нагрузка геополотна при его деформации на растяжение в продольном и поперечном направлениях на разрывной машине марки Линтел РМ-20 (Россия) согласно методу измерения [3], [4]. Всего было исследовано $n = 40$ проб.

Полученная выборка случайной величины $X = (x_1, x_2, \dots, x_{40})$ подвергалась статистической обработке в следующей последовательности.

Первоначально был составлен интервальный ряд распределения (рис. 1), где выделяли минимальное и максимальное значения в выборке, вычисляли размах и по формуле Стерджесса [5] определяли количество частичных интервалов, затем частоту появления случайной величины X в каждом частичном интервале n_i , относительную частоту и плотность относительной частоты y_i .

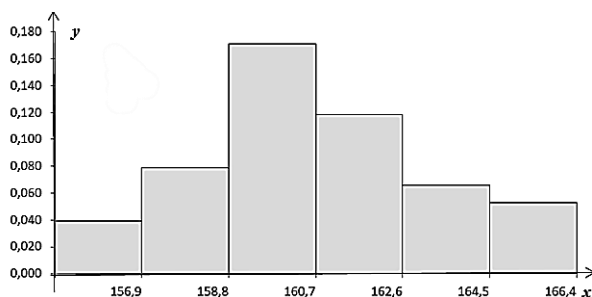


Рис. 1

В дальнейшем на основе полученных данных вычисляли характеристики: среднее выборочное

$$\bar{x}_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i n_i = 160,31 \text{ кН};$$

выборочную дисперсию

$$D_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i^2 n_i - (\bar{x}_b)^2 = 6,73 \text{ кН}^2;$$

исправленную выборочную дисперсию

$$S^2 = \frac{n-1}{n} D_b = 6,56 \text{ кН}^2;$$

исправленное выборочное среднее квадратичное отклонение

$$s = \sqrt{S^2} = 2,56 \text{ кН}.$$

По виду гистограммы относительных частот (рис. 1) выдвигаем нулевую гипотезу H_0 о подчинении случайных величин X

(разрывная нагрузка геополотна при растяжении в продольном направлении) нормальному закону распределения с параметрами $a = 160,31$ кН и $\sigma = 2,56$ кН, а именно теоретический закон в виде

$$f(x) = \frac{1}{2,56\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-160,31)^2}{2 \cdot 2,56^2}}$$

соответствует данному эмпирическому распределению (рис. 1).

С целью проверки нулевой гипотезы используем критерий согласия Шапиро-Уилка [5] при уровне значимости $\alpha = 0,01$. Данный критерий является наиболее приемлемым для обработки заданной случайной величины, так число испытаний незначительно ($n=40$). Кроме того, изучение мощности критерия Шапиро-Уилка [6] показало, что это один из наиболее эффективных критериев проверки нормальности распределения случайных величин. Статистика критерия имеет вид:

$$W = \frac{n}{D_b} \left[\sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2, \quad (1)$$

где коэффициенты a_{n-i+1} берутся из таблицы [5], $k = \left[\frac{n}{2} \right]$ – целая часть.

Критические точки критерия $W(\alpha)$ рассчитываются по таблице [5] в зависимости от уровня значимости α и числа испытаний n . Если $W > W(\alpha)$, то нулевая гипотеза нормальности распределения принимается. Приближенную вероятность получения эмпирического значения W при H_0 можно вычислить по формуле:

$$z = \gamma + \eta \ln \left(\frac{W - \varepsilon}{1 - W} \right), \quad (2)$$

где $\gamma, \eta, \varepsilon$ – коэффициенты, приведенные в [5].

Рассчитаем наблюдаемое значение критерия Шапиро-Уилка по формуле (1).

Все вычисления представлены в табл. 1.

i	X _i	X _{n-i+1}	X _{n-i+1} - X _i	a _{n-i+1}	a _{n-i+1} (X _{n-i+1} - X _i)
1	155,112	166,214	11,102	0,3964	4,4008
2	156,135	165,258	9,123	0,2737	2,4970
3	156,213	165,129	8,916	0,2368	2,1113
...
18	159,874	160,214	0,340	0,0244	0,0083
19	160,005	160,214	0,209	0,0146	0,0031
20	160,014	160,078	0,064	0,0049	0,0003
Сумма					16,1989

$$\text{Тогда } \left[\sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2 = 262,403,$$

а наблюдаемое значение критерия

$$W = \frac{262,403}{40 \cdot 6,73} = 0,975. \text{ По таблице критичес-$$

ких точек критерия для $n = 40$ и $\alpha = 0,01$ находим $W(\alpha) = 0,919$. Так как $W > W(\alpha)$, то принимаем гипотезу о нормальном распределении случайной величины X – разрывная нагрузка геополотна при растяжении в продольном направлении.

Вычислим точную вероятность получения значения $W = 0,975$ при условии справедливости нулевой гипотезы. Из таблицы [5] для $n = 40$ находим $\gamma = -6,961$; $\eta = 2,075$; $\varepsilon = 0,1612$. По формуле (2) получаем $z = 0,25$, а соответствующая этой квантили стандартного нормального распределения вероятность $\Phi(0,25) \approx 0,6$, что существенно превышает принятый уровень значимости $\alpha = 0,01$. Это позволяет уверенно принять нулевую гипотезу нормальности.

Заключительной операцией при установлении нормативного значения исследуемого показателя качества является определение его соответствующих доверительных границ.

Доверительный интервал для полученного нормативного значения X_B рассчитываем по формуле:

$$\bar{x}_B - t_\gamma \frac{s}{\sqrt{n}} < X_B < \bar{x}_B + t_\gamma \frac{s}{\sqrt{n}}. \quad (3)$$

Для заданной надежности 0,99 и числа степеней свободы $n = 40$ по таблице значений критерия Стьюдента [5] найдем значение $t_\gamma = t_\gamma(0,99; 40) = 2,71$; тогда границы

доверительного интервала соответственно равны: $160,31 - 2,71 \cdot \frac{2,56}{\sqrt{40}} = 159,21$ и

$$160,31 + 2,71 \cdot \frac{2,56}{\sqrt{40}} = 161,41, \text{ то есть с ве-}$$

роятностью 0,99 нормативное значение разрывной нагрузки тканого геополотна при растяжении его в продольном направлении находится в интервале (159,21; 161,41) кН.

Аналогичную статистическую обработку для данного показателя качества проводили и для результатов испытания образцов в поперечном направлении геополотна. В итоге получили, что с $P = 0,99$ среднее значение прочности геополотна при растяжении в поперечном направлении находится в интервале (90,54; 91,94) кН.

Следует иметь в виду, что при заданной $P = 0,99$ получают максимальные (истинные) доверительные границы распределения. При необходимости уменьшения вероятности до $P = 0,95$ (наиболее часто используемый уровень надежности при установлении нормативных значений показателей качества) происходит сужение доверительного интервала, что вносит погрешность в установление доверительных границ.

В Ы В О Д Ы

На основе проведенных экспериментальных исследований синтетического тканого геополотна, выработанного на новом отечественном ткацком станке СТБУ-540-1, установлены нормативные значения для основного показателя качества по прочности (разрывной нагрузки при деформации на растяжение как в продольном, так и в поперечном направлениях).

1. Малышева О.В., Гусев Б.Н. Совершенствование нормативной оценки качества трикотажных бельевых изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С. 48...51.

2. Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Давыдов А.Ф., Журавлева Е.М. Исследование защитных свойств тканей для одежды сварщиков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №4. С.103...107.

3. ОДМ 218.5.006–2010. Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли.

4. ГОСТ Р 55030–2012. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Методы определения прочности при растяжении.

5. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006.

6. Shapiro S.S., Wilk M.B., Chen H.J. A comparative study of various for normality // JASA. – V.63, №324, 1968. P. 1343...1372.

1. Malysheva O.V., Gusev B.N. Sovershenstvovanie normativnoy otsenki kachestva trikotazhnykh bel'evykh izdeliy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №2. S. 48...51.

2. Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Davydov A.F., Zhuravleva E.M. Issledovanie zashchitnykh svoystv tkaney dlya odezhdy svarshchikov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №4. S.103...107.

3. ODM 218.5.006–2010. Rekomendatsii po metodikam ispytaniy geosinteticheskikh materialov v zavisimosti ot oblasti ikh primeneniya v dorozhnoy otrasli.

4. GOST R 55030–2012. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Materialy geosinteticheskie dlya dorozhnogo stroitel'stva. Metody opredeleniya prochnosti pri rastyazhenii.

5. Kobzar' A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov. – М.: Fizmatlit, 2006.

6. Shapiro S.S., Wilk M.B., Chen H.J. A comparative study of various for normality // JASA. – V.63, №324, 1968. P. 1343...1372.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения, метрологии и стандартизации ИВГПУ. Поступила 28.01.19.

УДК 658.512:4:677.21.051

**О КОНОПЛЕВОДСТВЕ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИНИЙ
ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОНОПЛИ
В ОДНОТИПНОЕ ВОЛОКНО**

**ABOUT PRODUCTION OF HEMP
AND TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF LINES
FOR PROCESSING OF INDUSTRIAL HEMP
IN THE SAME TYPE OF FIBER**

Н.В. БАСОВА, Э.В. НОВИКОВ, И.В. УЩАПОВСКИЙ, А.В. БЕЗБАБЧЕНКО
N.V. BASOVA, E.V. NOVIKOV, I.V. USHCHAPOVSKY, A.V. BEZBABCHENKO

**(Федеральный научный центр лубяных культур,
Костромской государственный университет)**

**(Federal Scientific Center of Bast Cultures,
Kostroma State University)**

E-mail: vniiml1@mail.ru; nis@kstu.edu.ru

Представлены сведения о современном состоянии коноплеводства в России. Дан анализ экономической эффективности переработки промышленной конопли в однотипное волокно на трех линиях.

Provides information about the current state of hemp in Russia and the analysis of economic efficiency of processing of industrial hemp in the same fiber at the three lines.

Ключевые слова: посевные площади, урожайность, конопля, волокно, рентабельность, линии переработки, срок окупаемости, себестоимость, эффективность.

Keywords: acreage, yield, hemp, fiber, profitability, processing lines, payback period, cost, efficiency.

Техническая конопля (*Cannabis sativa L.*), как культура комплексного применения, используется в разных областях: волокно – при производстве одежды и в строительстве, а семена – для пищевой и фармацевтической промышленности [1]. С 1930-х гг. производство конопли жестко регламенти-

ровалось и ограничивалось в связи с высоким содержанием канабиоидов в растении. С 1990-х гг. в мире происходит постепенное увеличение производства конопли за счет внедрения ненаркотических сортов, содержащих менее 0,3% канабиоидов, и в связи с этим ослабление законодательных зап-

ретов. Постановление Правительства Российской Федерации от 20 июля 2007 г. № 460 "Об установлении сортов наркосодержащих растений, разрешенных для культивирования в промышленных целях, требований к таким сортам и к условиям их культивирования" сняло барьер к развитию коноплеводства и на территории России.

За счет новых научных разработок начинает расширяться сфера применения конопли, включая использование ее в качестве композитов, геотекстиля, биотоплива и др. [2]. Порядка 30 стран в Европе, Азии, Америке занимаются возделыванием конопли на площади 70...80 тыс. га [3]. Наиболее активными производителями конопли считаются Канада, Евросоюз и Китай, где площади под культурой, в зависимости от года, доходят до 15...30 тыс. га. Поставки конопли только в США составляют 600 млн. дол. ежегодно.

Производство конопли за рубежом ориентируется на текущую ситуацию на рынке сельхозпродукции, когда подавляющая часть биологического урожая культуры используется для продаж на рынке цельных семян (около 60%) и масла (около 35%, включая жмых), а волокнистая часть продукции составляет около 5% от общего рынка продукции из конопли [4]. При том, что соотношение биологического урожая семенной и стеблевой части растения традиционно составляет обратное соотношение – 1:15, то есть с гектара конопли можно получить семян 0,8...1,1 т, а стеблей, содержащих более 20...25% волокна, более 8...10 т. Таким образом, при производстве конопли на семена значительная часть потенциально ликвидного волокна не используется. Получение волокна из стеблей конопли после уборки семян повышает экономическую эффективность возделывания культуры, затраты на которую, например, в системе интенсивного земледелия Канады, составляют 1...2 тыс. дол./га.

Очевидно, что конопля является нишевой культурой для рынка натуральных волокон и целлюлозы, поскольку целлюлоза из конопли примерно в пять раз дороже древесной массы, а хлопок продолжает оставаться наиболее привлекательным для изготовле-

ния одежды [5]. Кроме того, на протяжении последних 20 лет мировой рынок волокна из конопли остается достаточно стабильным и составляет около 80 тыс. т ежегодно [6]. Полученная пенька используется в Европе для производства бумаги (56%), изоляционных материалов (25%), биокompозитов (13%), технического текстиля (4%) и одежды (менее 1%). Костра, полученная после выделения волокна, используется для содержания животных (65%), производства геоматов (20%) и конструкционных материалов.

Однако на ближайшую перспективу производство конопли может увеличиться. Так, в США, где выращивают не более 5 тыс. га конопли, уже рассматриваются сценарии по производству пеньки для нужд собственного рынка натуральных волокон с ориентировочным размером посевов конопли до 40 тыс. га [7]. Расширяются и работы по улучшению показателей пеньки, включая селекционные работы и разработки перспективных технологий первичной переработки конопли [8], [9].

Современные отечественные селекционные сорта конопли, предназначенные для условий возделывания в средней полосе России, не содержат в своем составе наркотических и других вредных для здоровья веществ [10]. Техническая конопля, как источник пеньки в России – ценное промышленное сырье, которое идет на изготовление различных видов веревок, канатов, шпагатов, шнуров, сердечников стальных тросов, тканей технического назначения. По гигроскопическим, антистатическим и физико-механическим свойствам пенька близка к льноволокну, поэтому она эффективно используется в различных изделиях одежного и постельного ассортимента, а также в деформируемых и пластичных композиционных материалах [11].

В стеблях растений современных отечественных сортов содержится 28...32% волокна, а общее количество целлюлозы доходит до 50%, что в условиях недостатка хлопкового и льняного волокна может дать возможность для конопли стать источником компенсации дефицита прядильного сырья. Благодаря уникальным технологическим

свойствам пеньки продукция из технической конопли получила новые направления использования, связанные с экологически чистыми технологиями выделения целлюлозы и получения котонизированного волокна [12]. При этом коноплю перерабатывают не только в трепаную пеньку, а в однотипное волокно – однотипную пеньку [13].

Сельскохозяйственные посевы конопли были широко распространены в дореволюционной России и СССР, достигая в отдельные годы почти 1 млн. га. В настоящее время произошло почти полное вытеснение конопли из сельскохозяйственного оборота – площадь посевов конопли в России в 2017 г. составила 7 тыс.га. С 1990 г. сокращалась не только площадь сельхозугодий под коноплей, но и количество действующих пенькозаводов – с 75 до 6 [14]. Длительный перерыв в развитии коноплеводства привел к моральному и физическому износу перерабатывающего оборудования и закрытию крупного предприятия по изготовлению мяльно-трепального, куделеприготовительного и другого оборудования АО "Псковхимлегмаш". Однако в последние годы наметился рост интереса к возделыванию конопли. Если в 2015 г. техническую коноплю сеяли 8 регионов России, то в 2016 г. их число составило 12. Наибольшие площади в 2016 г. располагались в Приволжском ФО – 54,2%, на втором месте Центральный ФО – 29 %, на третьем Сибирский ФО – 15% [15]. Свыше 70% посевных площадей приходится на три региона: Пензенскую, Рязанскую области и Республику Мордовия, (рис. 1 – основные регионы возделывания конопли в России).



Рис. 1

Селекционно-семеноводческую работу с технической коноплей ведут Пензенский,

Чувашский и Краснодарский НИИСХ, которые являются оригинаторами сортов, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений [16].

В настоящее время в России более 95 % предприятий первичной переработки производят из стеблей конопли однотипное волокно – однотипную пеньку [17]. Технологии уборки, вылежки и транспортировки конопли при этом упрощаются в сравнении с традиционной технологией переработки на длинное и короткое волокно. Оборудование для линий первичной переработки конопляной тресты, представляющей спутанную массу поломанных и перепутанных стеблей, убранной зерновым или специализированным комбайном, с целью получения однотипной пеньки может быть разнообразным. Так, в настоящее время предлагаются три варианта комплектации оборудования линий для переработки конопли:

– линия 1 (ФГБНУ ВНИИМЛ): рулоно-размотчик РЛР-1500 + усиленная мялка ММК-2-01 + дезинтегратор ДЛВ-2М с бесциклонным разгрузителем + трясильная машина ТН-112 (2 шт.);

– линия 2 (ОАО завод им. Г.К. Королева): рулоноразмотчик РЛР-1500 + усиленная мялка ММК-2-01 + усиленная трясильная машина ТНК-126 + мяльная машина М-110-04 + трясильная машина ТН-112 + трепально-очистительная машина ТОМ-Л2 + трясильная машина ТН-112;

– линия 3 (франко-германское производство): кипоразборщик Темафа (Temaфа) + агрегат куделеприготовительный Шарль (Charle).

Выбор производителем линии по переработке будет определяться технико-экономическими показателями оборудования, площадью возделывания конопли, финансовыми возможностями предприятия и его стратегией развития.

Целью представленной работы является анализ технико-экономических показателей (далее ТЭП) переработки спутанной массы конопли в однотипное волокно на указанных выше линиях.

Расчет ТЭП производился при посевной площади 50, 75, 100, 125, 250, 500 и 750 га, урожайности соломы конопли 7 т/га, выхо-

де однотипной пеньки 24 % по цене реализации 60 руб. за кг. Другие исходные данные для расчета представлены в табл. 1

(сравнительный анализ различных линий по переработке технической конопли).

Т а б л и ц а 1

Характеристика	Линия 1								Линия 2								Линия 3				
	площадь посева, га								площадь посева, га								площадь посева, га				
	50	75	100	125	250	500	700	750	50	75	100	125	250	500	700	750	250	500	750		
Количество агрегатов	1				1	2	2	2	1				1	1	2	2	1				
Количество смен	1				2	2	3	3	1				2	3	3	3	1	3			
Количество рабочих, чел.	6				12	24	36	36	6				12	18	36	36	5	15			
Число месяцев работы	6	7	9	11				10	11	5	6	7	9			11	8	9	12	9	12
Пропуск сырья, кг/ч	600								800								1000				
Масса перерабатываемого сырья, т/год	350	525	700	875	1750	3500	4900	5250	350	525	700	875	1750	3500	4900	5250	1750	3500	5250		
Масса полученного волокна, т	84	126	168	210	420	840	1176	1260	84	126	168	210	420	840	1176	1260	385	840	1260		
Затраты на приобретение тресты*, руб. за тонну	700																				
Электрическая мощность, кВт	85,9				158,8				72,6				132,2				89,5				
Капитальные затраты**, тыс. руб.	17523,3				30258,3				26824,2				49454,2				99577,9				

* – складываются из затрат: на прессование тресты в рулоны с предварительным сбором в валки; на перевозку рулонов к месту переработки;
 ** – складываются из затрат: на приобретение и монтаж оборудования и транспортных средств, на строительство зданий и сооружений и прочие основные фонды (8 %);
 экономические расчеты актуальны согласно ценам 2017 года

Первичная переработка технической конопли в однотипную пеньку является в большинстве случаев рентабельной на всех рассматриваемых линиях и зависит от площади конопляного поля (рис. 2 – рентабельность переработки спутанной массы стеблей конопли в однотипную пеньку). Переработка тресты с площади 50 га на двух отечественных и одной импортной линиях является убыточной. Минимальная рентабельность в 1,0 % будет достигнута на линии 1 при переработке не менее 400 т тресты с площади 57 га, на линии 2 – при перера-

ботке не менее 470 т с площади 67 га, на линии 3 – площадь не менее 1750 т с площади 250 га. Для того чтобы на линии 1 (с дезинтегратором) переработать коноплю с площади 500, 700 и 750 га потребуются более высокие капитальные затраты, так как для данного объема сырья необходимы две линии, поскольку одна имеет более низкую пропускную способность. В целом рентабельность линий 1 и 2 при переработке конопли с площадей от 75 до 750 га составляет от 4 до 195%.

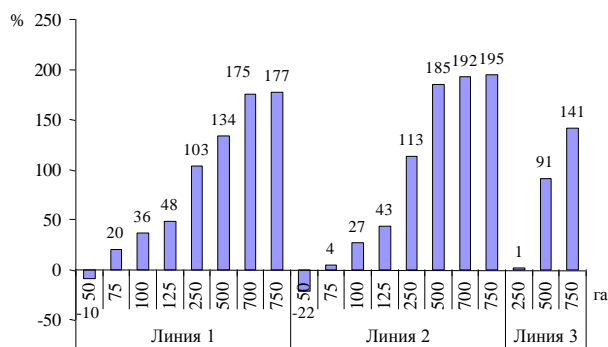


Рис. 2

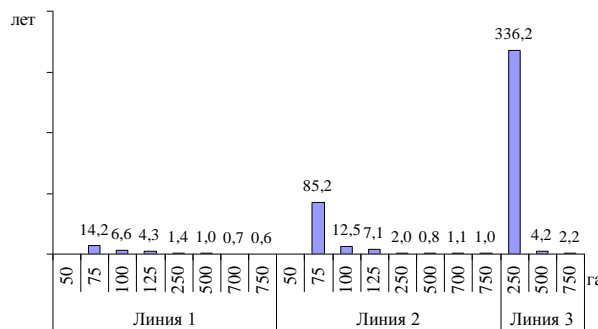


Рис. 3

Рентабельность линии Шарль (линия 3) с площади 500...750 га составляет 90,5...141,4% (рис. 2).

Расчеты также показали, что затраты на приобретение линии 1 для площади от 75 до 125 га окупятся за меньший срок, чем у линии 2, перерабатывающей коноплю с той же площади (рис. 3 – срок окупаемости затрат на приобретение оборудования для переработки конопляной тресты в однотипную пеньку). Это можно объяснить недостаточной загрузкой сырья линии 2. Однако с увеличением площади посева до 250 га и выше обе отечественные линии окупаются примерно за один и тот же срок – не более двух лет.

Таким образом, линию 1 (с дезинтегратором ДЛВ-2М) эффективней применять при переработке тресты конопляной с площади от 75 до 125 га. Это, по данным анализа посевных площадей, подходит к условиям Новосибирской и Орловской областей. Линия 2 наиболее целесообразна при площади посева 250 га и больше, что соответствует производству конопляной тресты в Рязанской области и Алтайском крае. Полученные результаты применимы к условиям одноагрегатного завода. При организации двухагрегатного завода из линий 1 и 2 целесообразно перерабатывать тресту с площади 700 га и больше, что соответствует данным по хозяйствам Пензенской области и Республики Мордовия. Капитальные вложения на производство такого завода окупятся в течение года.

Линия 3 эффективна при переработке конопляной тресты с площади более 250 га, то есть в Рязанской, Пензенской областях и Республике Мордовия. Она окупится в течение 4 или 2 лет при соответствующих площадях – 500 или 750 га (рис. 3).

Однотипная пенька, получаемая на данных линиях, может использоваться для производства утеплителей, крученых изделий, нетканых материалов, целлюлозы, композитных изделий.

ВЫВОДЫ

1. За счет новых научных разработок начинает расширяться сфера применения конопляной тресты. В условиях недостатка хлопкового и

льняного волокна конопля может стать источником компенсации дефицита прядильного сырья, а первичная переработка спутанной массы конопляной тресты нормальной степени вылежки в однотипную пеньку является перспективным сельскохозяйственным производством.

2. Анализ оборудования для трех линий по переработке технической конопляной тресты отечественного и зарубежного производства позволяет подобрать наиболее адекватный вариант для конкретного сельхозтоваропроизводителя. Уровень рентабельности изученных линий зависит от площади конопляного поля. За исключением переработки с площади 50 га использование всех линий рентабельно. Линию 1 целесообразно применять при переработке конопляной тресты в однотипную пеньку с площади до 125 га, линии 2 и 3 – с площади 250 га и больше. Полученные данные могут служить основой для практического применения при организации производства по первичной переработке технической конопляной тресты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Linger P., Müssig J., Fischer H., Kobert J. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) growing on heavy metal contaminated soil: fibre quality and phytoremediation potential // *Industrial Crops and Products*. – V.16 (1), 2002. P. 33...42.
2. Das L., Liu E.S., Saeed A., Williams D.W., Hu H.Q., Li C.L., Ray A.E., Shi J. Industrial hemp as a potential bioenergy crop in comparison with kenaf, switchgrass and biomass sorghum // *Bioresource technology*. – V. 244. P. 641...649. doi: 10.1016/j.biortech.2017.08.008.
3. <http://faostat.fao.org>
4. <http://www.agr.gc.ca>
5. Small E., Pocock T., Cavers, P.B. The biology of Canadian weeds. 119. *Cannabis sativa* L. // *Can. J. Plant Sci.* – 83, 2003. P.217...237.
6. Carus M., Karst S., Kauffmann A., Hobson J., Bertucelli S. The European Hemp Industry: Cultivation, Processing and Applications for Fibres, Shives and Seeds; European Industrial Hemp Association: Hürth, Germany. – 2013. P. 1...9.
7. Cherney J.H., Small E. Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential // *Agronomy*. – 6(4), 58, 2016 doi:10.3390/agronomy6040058
8. Hänninen T., Thygesen A., Mehmood S., Madsen B., Hughes M. Mechanical processing of bast fibres: the occurrence of damage and its effect on fibre structure // *Industrial Crops and Products*. – V.39, 2012. P.7...11.

9. Amaducci S., Scordia D., Liu F.H., Zhang Q., Guo H., Testa G., Cosentino S.L. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China // *Industrial Crops and Products*. – V.68, 2015. P.2...16.

10. Ильин Л.С., Проталинский С.Е., Кулемкин Ю.В., Привалов А.В. Технология и оборудование для подготовки трепаной пеньки к прядению // *Вестник Костромского гос. технолог. ун-та*. – 2015, №2(35). С. 12...14.

11. Безбабченко А.В., Новиков Э.В., Ковалев М.М., Пучков Е.М. Универсальная линия для переработки льна и пеньки в различные виды готовой продукции // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2016, № 1. С. 54...58.

12. Возрождение коноплеводства в России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rushemp.org/ru/article/vozhrozhdenie-konoplevodstva-rossii>.

13. Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Проталинский С.Е. Исследование процесса переработки однотипной пеньки в текстильную ленту по льняной технологии // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2015, № 6. С. 30...33.

14. Вернуть коноплю на поля. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rosflaxhemp.ru/zhurnal/informacija-i-analiz.html/id/1630>.

15. ФГБУ "Агентство "Лен" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://agentstvo-len.ru>.

16. Серков В.А., Зеленина О.Н., Климова Л.В. Основные направления и результаты селекции конопли посевой в Пензенском НИИСХ в 2001-2016 гг. // *Мат. Междунар. научн.-практ. конф.: Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур*: – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2016. С. 50...55.

17. Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Проталинский С.Е. Исследование технологий переработки конопли в однотипное волокно различных характеристик // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2014, № 6. С. 42...46.

REFERENCES

1. Linger P., Müssig J., Fischer H., Kobert J. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) growing on heavy metal contaminated soil: fibre quality and phytoremediation potential // *Industrial Crops and Products*. – V.16 (1), 2002. P. 33...42.

2. Das L., Liu E.S., Saeed A., Williams D.W., Hu H.Q., Li C.L., Ray A.E., Shi J. Industrial hemp as a potential bioenergy crop in comparison with kenaf, switchgrass and biomass sorghum // *Bioresource technology*. – V.244. P.641...649. doi: 10.1016/j.biortech.2017.08.008.

3. <http://faostat.fao.org>

4. <http://www.agr.gc.ca>

5. Small E., Pocock T., Cavers, P.B. The biology of Canadian weeds. 119. *Cannabis sativa* L. // *Can. J. Plant Sci.* – 83, 2003. P.217...237.

6. Carus M., Karst S., Kauffmann A., Hobson J., Bertucelli S. The European Hemp Industry: Cultivation, Processing and Applications for Fibres, Shives and Seeds; European Industrial Hemp Association: Hürth, Germany. – 2013. P. 1...9.

7. Cherney J.H., Small E. Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential // *Agronomy*. – 6(4), 58, 2016 doi:10.3390/agronomy6040058

8. Hänninen T., Thygesen A., Mehmood S., Madsen B., Hughes M. Mechanical processing of bast fibres: the occurrence of damage and its effect on fibre structure // *Industrial Crops and Products*. – V.39, 2012. P.7...11.

9. Amaducci S., Scordia D., Liu F.H., Zhang Q., Guo H., Testa G., Cosentino S.L. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China // *Industrial Crops and Products*. – V.68, 2015. P.2...16.

10. Il'in L.S., Protalinskiy S.E., Kulemkin Yu.V., Privalov A.V. Tekhnologiya i oborudovanie dlya podgotovki trepanoy pen'ki k pryadeniyu // *Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta*. – 2015, №2(35). S.12...14.

11. Bezbabchenko A.V., Novikov E.V., Kovalev M.M., Puchkov E.M. Universal'naya liniya dlya pererabotki l'na i pen'ki v razlichnye vidy gotovoy produktsii // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2016, № 1. S. 54...58.

12. Возрождение коноплеводства в России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rushemp.org/ru/article/vozhrozhdenie-konoplevodstva-rossii>.

13. Novikov E.V., Bezbabchenko A.V., Protalinskiy S.E. Issledovanie protsessa pererabotki odnotipnoy pen'ki v tekstil'nyuyu lentu po l'nyanoy tekhnologii // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2015, № 6. S. 30...33.

14. Vernut' konoplyu na polya. [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.rosflaxhemp.ru/zhurnal/informacija-i-analiz.html/id/1630>.

15. FGBU "Agentstvo "Len" [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <http://agentstvo-len.ru>.

16. Serkov V.A., Zelenina O.N., Klimova L.V. Osnovnye napravleniya i rezul'taty selektsii konopli posevnoy v Penzenskom NIISKh v 2001-2016 gg. // *Мат. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Innovatsionnye razrabotki proizvodstva i pererabotki lubyanykh kul'tur*: – Tver': Tver. gos. un-t, 2016. S. 50...55.

17. Novikov E.V., Bezbabchenko A.V., Protalinskiy S.E. Issledovanie tekhnologiy pererabotki konopli v odnotipnoe volokno razlichnykh kharakteristik // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2014, № 6. S. 42...46.

Рекомендована заседанием лаборатории лубяных культур ФНИЦЛК. Поступила 07.11.17.

УДК 677.022

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ ТРЕНИЯ МЕЖДУ ВОЛОКНАМИ
ПОЛУШЕРСТЯНОЙ ЛЕНТЫ В ЦЕЛЯХ ОБОСНОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПРЯДЕНИЯ**

**STUDY OF FRICTION FORCES BETWEEN FIBERS
WOOL TAPE FOR SUBSTANTIATION
TECHNOLOGIES FOR PROCESSING SEMI-FINISHED SPINNES**

К.Э. РАЗУМЕЕВ, Н.Е. ФЕДОРОВА

K.E. RAZUMEEV, N.E. FEDOROVA

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

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

E-mail: ker2210@yandex.ru

В статье представлены результаты по исследованию структурных свойств полуфабрикатов прядения, разработаны средства для изменения свойств волокон, которые рекомендуется использовать для обоснования технологии эмульсирования и парообработки полуфабрикатов прядения.

Увлажнение ровницы путем запаривания по итогам расчетов дает более равномерные результаты (наблюдаются более плавные кривые), что позволяет говорить о стабилизации процесса фрикционного взаимодействия.

The article presents the results of the study of the structural properties of semi-finished products, developed tools for changing the properties of the fibers, which are recommended to be used to justify the technology of emulsion and steam processing of semi-finished products.

Moistening the roving by steaming according to the calculation results gives more uniform results (smoother curves are observed), which allows us to talk about stabilization of the frictional interaction process.

Ключевые слова: лента полушерстяная, обработка паром, запаривание, силовое воздействие на волокна, степень сжатия волокон, число кручений, сила растяжения ленты, плотность волокон, сила трения, плотность образцов ленты.

Keywords: half-woolen tape, steam treatment, steaming, force on the fibers, compression ratio of fibers, number of torsions, tensile strength of the tape, fiber density, friction force, density of tape samples.

В настоящей работе представлены результаты этапа исследования по разработки метода исследования статических сил трения между волокнами полушерстяной ленты в зависимости от свойств составляющих ее волокон, изменяемых путем обработки водяным паром. Объектом исследования являлась лента полушерстяная (шерсть меринсовая – 30%; нитроновый жгут – 70%) Т=11 ктекс с последнего перехода, предшествующего второму гребнечесанию.

Исследовали образцы лент, которые не обрабатывали паром (влажность $W_1=10\%$), подвергали запариванию с последующим выдерживанием в эксикаторе в течение 24 ч (влажность $W_2=13\%$).

Для прогнозирования результатов силового воздействия на волокна необходима база данных, учитывающая многообразие различных изначально и меняющихся при обработке структуры и свойств волокон и продукта [1], [2].

На первом этапе эксперимента была найдена удельная сила поперечного сжатия σ_0 от плотности полуфабриката γ при различной степени его сжатия [3].

На втором этапе эксперимента определяли удельную статическую силу трения f (на 1 мм длины волокна). Для этой цели использовали разрывную машину типа РМ-30, снабженную специальными зажимами. Применяли принцип физического моделирования фрикционного процесса скольжения волокон друг относительно друга. Варьировали коэффициент заполнения в проведенных испытаниях. Методика работы основа-

на на изменении силы растяжения ленты, предварительно закрученной разным числом кручений [3].

Для определения удельной силы поперечного сжатия волокна в образце ленты (σ'_0) находили в условиях проведения эксперимента зависимости между γ и σ_0 , плотность ленты γ_l при различных величинах крутки K_p , зная плотность волокон (γ_v), составляющих образец ленты, коэффициент заполнения поперечного сечения образца ленты (K_3), средний диаметр волокон в образце ленты (d_v) и средний диаметр образца ленты (D_l) [4].

В условиях проведения эксперимента зависимости между γ и σ_0 для разной массы образца имели форму:

$$\sigma_0 = b\gamma^a, \text{ мН/мм.} \quad (1)$$

Эмпирические коэффициенты (a , b) были получены расчетным путем для образцов незапаренной ленты и образцов запаренной ленты.

На базе этих данных строились графики зависимости эмпирических коэффициентов от массы образца $f = a(m)$ и $f = b(m)$. В результате было найдено общее расчетное уравнение по полученным эмпирическим коэффициентам, рассчитанным при средней массе $m=1,1$ г, и плотность ленты γ_l (мг/мм^3) при различном числе кручений.

Экспериментальные данные (K_p , D_l) и расчетные (K_3 , γ_l , σ'_0) приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Вариант	K_p , число кр/мм	D_l , мм	γ_l , мг/мм ³	σ_0 , мН/мм	K_3
I	0	18,97	0,0389	0,0256	0,0307
	1	16,37	0,0522	0,1058	0,0412
	2	15,35	0,0594	0,1974	0,0469
	3	11,7	0,1022	2,7137	0,0807
II	0	23,8	0,0247	0,0028	0,0195
	1	21,42	0,0305	0,0079	0,0241
	2	19,94	0,0352	0,0158	0,0278
	3	17,9	0,0437	0,0448	0,0345

В табл. 2 и 3 приведены экспериментальные данные силы растяжения P (Н) и значения статической силы трения f (мН/мм) между волокнами полушерстяной ленты, полу-

ченные расчетным путем при различной скорости приложения растягивающего усилия для незапаренного и запаренного образцов ленты соответственно.

Таблица 2

K _p	V=200 мм/мин		V=500 мм/мин		V=800 мм/мин	
	P, Н	f, мН/мм	P, Н	f, мН/мм	P, Н	f, мН/мм
0	1,96	0,0031	2,75	0,0048	3,73	0,0066
1	6,37	0,0101	8,63	0,0152	13,63	0,0242
2	13,63	0,0215	14,71	0,0262	18,53	0,0329
3	25,5	0,0403	27,36	0,0484	28,73	0,0509

Таблица 3

K _p	V=200 мм/мин		V=500 мм/мин		V=800 мм/мин	
	P, Н	f, мН/мм	P, Н	f, мН/мм	P, Н	f, мН/мм
0	2,84	0,0045	3,43	0,0060	4,12	0,0073
1	6,67	0,0105	7,65	0,0136	12,26	0,0218
2	12,16	0,0192	14,22	0,0253	18,04	0,0320
3	20,3	0,0321	26,77	0,0474	27,95	0,0496

Экспериментальные данные силы растяжения P (Н) и расчетные значения статической силы трения f (мН/мм) между волокнами полушерстяной ленты при постоянном

числе кручений образцов K_p=1 (кр/мм), но при различных скоростях приложения растягивающего усилия для незапаренного и запаренного образцов ленты приведены в табл. 4.

Таблица 4

Вариант	V, мм/мин	P, Н	f, мН/мм
I Образцы незапаренной ленты	200	6,36	0,0101
	400	7,99	0,0126
	500	8,59	0,0136
	600	10,86	0,0172
	800	13,62	0,0215
II Образцы запаренной ленты	200	6,63	0,0105
	400	7,42	0,0117
	500	7,67	0,0121
	600	8,93	0,0141
	800	12,27	0,0194

Полученные данные объясняются повышением плотности образцов ленты и, следовательно, появлением большего числа контактов между волокнами [5].

С увеличением скорости приложения на образец растягивающей нагрузки удельная статическая сила трения возрастает, так как при этом необходимо преодолевать большее число микронеровностей и микрошероховатостей в единицу времени.

Увлажнение ровницы путем запаривания дает в итоге более равномерные результаты, следовательно, процесс фрикционного взаимодействия стабилизируется.

Полученные результаты объясняются различием структуры продукта и изменением свойств волокон, которые подвергались увлажнению путем запаривания.

В результате исследования структурных свойств полуфабрикатов прядения возможна оценка свойств новых видов эмульсий и

разработка средств для изменения свойств волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капитанов А.Ф. Теоретическое обоснование и разработка способа модификации фрикционных свойств волокон в процессах прядения: Дис...докт. техн. наук. – М.: МГТА имени А.Н. Косыгина, 1996.
2. Капитанов А.Ф. Фрикционные процессы в прядении. – Ч.2 – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2006.
3. Люсова Н.Е. Разработка метода автоматизированного проектирования технологического режима приготовления гребенной ленты: Дис...канд. техн. наук. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2003.
4. Капитанов А.Ф., Энхтуя Д., Федорова Н.Е. Напряжение сжатия мычки в вытяжном приборе ленточной машины // Текстильная промышленность – 2008, №7-8.
5. Федорова Н.Е., Голайдо С.А. Исследование контактирования волокон ленты // Швейная промышленность. – 2016, №1-2.

REFERENCES

1. Kapitanov A.F. Teoreticheskoe obosnovanie i razrabotka sposoba modifikatsii friktsionnykh svoystv volokon v protsessakh pryadeniya: Dis....dokt. tekhn. nauk. – M.: MGTA imeni A.N. Kosygina, 1996.

2. Kapitanov A.F. Friksionnye protsessy v pryadenii. – Ch.2 – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2006.

3. Lyusova N.E. Razrabotka metoda avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnologicheskogo rezhima prigotovleniya grebennoy lenty: Dis...kand. tekhn. nauk. – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2003.

4. Kapitanov A.F., Enkhtuyaa D., Fedorova N.E. Napryazhenie szhatiya mychki v vytyazhnom pribore lentochnoy mashiny // Tekstil'naya promyshlennost' – 2008, №7-8.

5. Fedorova N.E., Golaydo S.A. Issledovanie kontaktirovaniya volokon lenty // Shveytnaya promyshlennost'. – 2016, №1-2.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 04.02.19.

УДК 677.023

**ЭФФЕКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССА ШЛИХТОВАНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ
НА МАШИНЕ ФИРМЫ KARL MAYER**

**EFFECTIVE MODELING
OF THE PROCESS OF SIZING COTTON YARN
ON SIZING MACHINE COMPANY KARL MAYER**

М.В. НАЗАРОВА, А.А. ЗАВЬЯЛОВ

M.V. NAZAROVA, A.A. ZAVIALOV

(Камышинский технологический институт (филиал)
Волгоградского государственного технического университета)

(Kamyshin Technological Institute (branch) Volgograd State Technical University)

E-mail: ttp@kti.ru

В статье приведены результаты оценки эффективности использования методов приближения функций для получения математических моделей натяжения хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 29 текс в процессе шлихтования на шлихтовальной машине SMR-E-F-1800 фирмы Karl Mayer. В качестве методов приближения функций использовались интерполяционные полиномы Стирлинга, Лагранжа, Ньютона и Бесселя. В ходе проведения эксперимента с помощью тензометрической установки были получены тензограммы натяжения нитей основы. На основе полученных тензограмм и разработанных алгоритмов математического моделирования на ЭВМ в среде программирования Mathcad были получены математические модели натяжения нитей.

В результате сравнительного анализа эффективности использования различных интерполяционных полиномов установлено, что для математического описания технологического процесса шлихтования лучше использовать методы Бесселя и Лагранжа.

The article presents the evaluation results of the use of methods of approximation of functions (interpolation Stirling polynomials, Lagrange's, Newton's and Bessel) to obtain mathematical models of cotton yarn tension on sizing machine SMR-E-F-1800 the company Karl Mayer. In the course of the experiment were obtained tenzogrammy tension warp threads, on which with the help of the developed algorithms of mathematical modeling of computer programming environment Mathcad mathematical models were obtained thread tension.

As a result of the comparative analysis of efficiency of use of different interpolation polynomial determined that for the mathematical description of the technological process of sizing better to use the methods of Bessel and Lagrange.

Ключевые слова: шлихтовальная машина, математическая модель, натяжение нитей, интерполяционные полиномы.

Keywords: sizing machine, a mathematical model, the tension wires, interpolation polynomial.

Процесс шлихтования нитей основы оказывает важное влияние на переработку их на ткацком станке. С целью повышения производительности шлихтовального оборудования, улучшения качества процесса шлихтования и снижения энергозатрат зарубежные фирмы-производители выпускают шлихтовальное оборудование, оснащенное системами контроля и автоматического регулирования процессов приготовления шлихты и шлихтования. Современные шлихтовальные машины оснащаются также компьютерными системами, которые регистрируют основные параметры процесса шлихтования и графически отображают изменение параметров во времени на дисплее, что позволяет персоналу шлихтовального отдела анализировать ход процесса и оперативно вносить изменения при необходимости [1].

В настоящее время на ООО "Камышинский текстиль" установлена новая шлихтовальная машина марки Karl Mayer – SMR-E-F-1800. Данная машина оснащена запоминающим программируемым устройством для управления и контроля следующих параметров: скорость машины, счетчик метров, величина натяжения нитей основы по зонам машины, сила прижима укачивающего валика, сила отжима нитей, температура в шлихтовальном корыте и сушильных барабанах. Система автоматического регулирования натяжения основы по зонам машины позволяет повысить равномерность натяжения нитей и тем самым уменьшить их обрывность [2].

В связи с широким применением на современном шлихтовальном оборудовании автоматизированных средств управления и контроля технологического процесса актуальной является задача получения математического описания технологического процесса на основе анализа эксперименталь-

ных данных для обеспечения мониторинга показателей работы оборудования, так как от правильной установки технологических параметров и их поддержания на оптимальном уровне зависит обрывность нитей на ткацком станке, а следовательно, и весь комплекс технико-экономических показателей работы ткацкого производства. В настоящее время, в связи с появлением современных средств исследования, чаще всего агрегированных с ПЭВМ, а также разработкой удобных для пользователя программных продуктов, встал вопрос о создании таких методов математического моделирования технологических процессов, которые позволят в достаточно небольшие промежутки времени, без внесения каких-либо возмущений в рассматриваемый технологический процесс, получить с заданной точностью математическую модель. В настоящей работе предлагается в качестве методов математического моделирования использовать численные методы (методы приближения функций) [3], [4].

Для разработки математических моделей технологического процесса шлихтования предлагается использовать следующие методы приближения функций: интерполяционные полиномы Стирлинга, Лагранжа, Ньютона и Бесселя [5...8].

Базой для проведения исследований с целью разработки эффективных методов получения математических моделей на основе использования методов приближения функций является подготовительный цех ткацкого производства ООО "Камышинский текстиль". Объектом исследования является шлихтовальная машина фирмы Карл Майер и перерабатываемая на ней хлопчатобумажная пряжа линейной плотности 29 текс.

При проведении технологического процесса шлихтования нитей на шлихтовальной машине фирмы Карл Майер была уста-

новлена линейная скорость шлихтования на рабочем ходу машины 90 м/мин, на тихом ходу 5 м/мин. Краткая техническая характе-

ристика хлопчатобумажной пряжи, перематываемой на шлихтовальной машине, представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	Значение
Линейная плотность нитей, текс	29
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	11,9
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	13,8

Для получения значений натяжения нитей при переработке их на шлихтовальной машине Karl Mayer SMR-E-F-1800 используем тензометрическую установку ТТП-2008.

Прибор ТТП-2008 разработан в Камышинском технологическом институте и предназначен для измерения натяжения группы движущихся нитей. Применяется для измерения натяжения нитей на оборудовании ткацкого производства при выполнении исследовательских работ.

Для реализации задачи по разработке математических моделей при осуществлении технологического процесса шлихтования на шлихтовальной машине в зоне "ценовое поле" был установлен тестер натяжения ТТП-2008 и получены тензограммы натяжения нитей.

F, сН

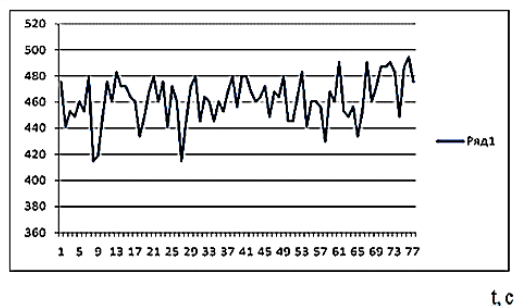


Рис. 1

На рис. 1 представлена одна из полученных тензограмм при шлихтовании хлопчатобумажной пряжи 29 текс на шлихтовальной машине Карл Майер.

На основе полученных тензограмм и разработанных алгоритмов математического моделирования с использованием интерполяционных полиномов на ЭВМ в среде программирования Mathcad были получены математические модели натяжения нитей. По результатам расчета на ЭВМ математических моделей был проведен сравнительный

анализ эффективности использования интерполяционных полиномов для описания технологического процесса шлихтования путем определения относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента x_i и путем построения графиков наложения экспериментальной кривой и кривой, полученной по математической модели. Для этого построены графики, представленные на рис. 2 (сравнительный анализ эффективности использования интерполяционных полиномов для описания технологического процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 29 текс), на которых показаны экспериментальные кривые натяжения нитей (пунктирной линией) и теоретические кривые, построенные по математическим моделям (обозначены на графике сплошной линией).

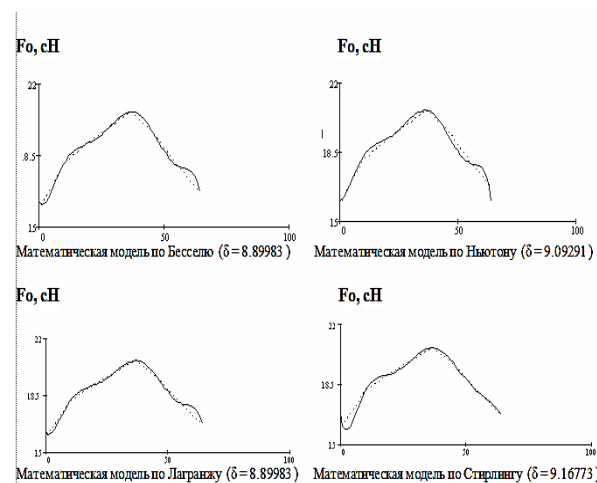


Рис. 2

В табл. 2 приведен сравнительный анализ эффективности использования методов приближения функций с помощью определения относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента x_i .

Метод приближения функции	Средняя квадратическая ошибка
По Бесселю	7,709
По Лагранжу	7,801
По Ньютону	8,075
По Стирлингу	8,124

В Ы В О Д Ы

В результате сравнительного анализа эффективности использования различных интерполяционных полиномов установлено, что для математического описания технологического процесса шлихтования лучше использовать методы Бесселя и Лагранжа.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Короткова М.В., Назарова М.В., Романов В.Ю.* Разработка метода оценки качества подготовки основных нитей в причесательном отделе ткацкого производства на основе анализа повреждаемости нитей по ширине заправки ткацкого станка [Электронный ресурс] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2011, № 6.

2. *Назарова М.В., Березняк М.Г.* Исследование уровня повреждаемости нитей основы на шлихтовальной машине в условиях ООО "ТК "КХБК" // *Современные проблемы науки и образования*. – 2009, №5.

3. *Назарова М.В., Романов В.Ю.* Разработка алгоритма автоматизированного прогнозирования технологического процесса шлихтования нитей с использованием бинарной причинно-следственной теории информации // *Фундаментальные исследования*. – 2012, № 11.

4. *Назарова М.В., Романов В.Ю.* Оценка напряженности процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2012, № 5.

5. *Назарова М.В.* Метод получения математической модели натяжения основы на ткацком станке при использовании полинома Лагранжа // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2007, № 3. С. 53...55.

6. *Назарова М.В.* Метод получения математической модели натяжения основы на ткацком станке при использовании полинома Ньютона // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2007, № 4. С. 35...38.

7. *Назарова М.В.* Метод получения математической модели натяжения основы на ткацком станке при использовании интерполяционного полинома Бесселя // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2007, №1. С. 44...47.

8. *Назарова М.В.* Эффективность использования различных полиномов при исследовании натяжения

нитей по переходам ткацкого производства // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2007, № 2. С. 48...50.

REFERENCES

1. Korotkova M.V., Nazarova M.V., Romanov V.Yu. Razrabotka metoda otsenki kachestva podgotovki osnovnykh nitey v prigotovitel'nom otdele tkatskogo proizvodstva na osnove analiza povrezhdaemosti nitey po shirine zapravki tkatskogo stanika [Elektronnyy resurs] // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2011, № 6.

2. Nazarova M.V., Berезnyak M.G. Issledovanie urovnya povrezhdaemosti nitey osnovy na shlikhtoval'noy mashine v usloviyakh ООО "ТК "КХБК" // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2009, №5.

3. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. Razrabotka algoritma avtomatizirovannogo prognozirovaniya tekhnologicheskogo protsessa shlikhtovaniya nitey s ispol'zovaniem binarnoy prichinno-sledstvennoy teorii informatsii // *Fundamental'nye issledovaniya*. – 2012, №11.

4. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. Otsenka napryazhennosti protsessa shlikhtovaniya khlopchatobumazhnoy pryazhi // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2012, № 5.

5. Nazarova M.V. Metod polucheniya matematicheskoy modeli natyazheniya osnovy na tkatskom stanke pri ispol'zovanii polinoma Lagranzha // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2007, № 3. S. 53...55.

6. Nazarova M.V. Metod polucheniya matematicheskoy modeli natyazheniya osnovy na tkatskom stanke pri ispol'zovanii polinoma N'yutona // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2007, № 4. S. 35...38.

7. Nazarova M.V. Metod polucheniya matematicheskoy modeli natyazheniya osnovy na tkatskom stanke pri ispol'zovanii interpol'yatsionnogo polinoma Besselya // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2007, №1. S. 44...47.

8. Nazarova M.V. Effektivnost' ispol'zovaniya razlichnykh polinomov pri issledovanii natyazheniya nitey po perekhodam tkatskogo proizvodstva // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2007, № 2. S. 48...50.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 20.04.15.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА ПРОЧНОСТИ
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ НИТЕЙ И ПРЯЖИ
СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**RESEARCH STUDY THE SCALE EFFECT OF STRENGTH
OF CERTAIN TYPES OF THREADS AND YARNS
WITH SPECIAL PROPERTIES**

П.Е. САФОНОВ, Н.М. ЛЕВАКОВА, С.С. ЮХИН

P.E. SAFONOV, N.M. LEVAKOVA, S.S. YUKHIN

(ООО "ТЕКС-ЦЕНТР",

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

(TEKS-CENTRE Ltd,

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

E-mail: pavlin722007d vandex.ru; vss@statT.msta.ac.ru.

Исследование посвящено экспериментальному изучению масштабного эффекта прочности комплексных арамидных нитей и некоторых видов пряжи со специальными свойствами. Полученные результаты направлены на повышение точности оценки напряженности процессов переработки нитей и пряжи в ткачестве.

The paper is devoted to the experimental study of the scale effect of the strength of complex aramid yarns and some types of yarn with special properties. The obtained results are aimed at increasing the accuracy of estimation of the intensity of the processing of yarns and threads and yarn weaving.

Ключевые слова: параарамидные нити, пряжа из синтетических волокон, масштабный эффект, распределение Вейбулла, прочность нитей и пряжи.

Keywords: paraaramid threads, yarns of synthetic fibers, scale effect, Weibull distribution, strength threads and yarn.

Значительный практический интерес представляет вопрос об аналитическом и экспериментальном исследовании масштабного эффекта прочности комплексных высокопрочных и высокомодульных нитей и пряжи со специальными свойствами, используемых для изготовления тканей технического назначения.

Наличие масштабного или размерного эффекта следует из статистических (физических) теорий разрушения твердого тела. В основе одной из статистических теорий лежит гипотеза слабого звена, где прочность волокна длиной l определяется прочностью его наиболее слабого – дефектного места [1]. Присутствие дефектов в волокнах и нитях,

которые распределяются случайным образом по всей их длине, приводит к тому, что характер законов распределения и средние значения разрывных характеристик зависят от размера образца, то есть увеличивается вероятность того, что более крупные и опасные дефекты встретятся с увеличением длины образца.

Масштабный эффект прочности текстильных нитей на сегодняшний день остается малоизученным, что осложняет оценку перерабатывающей способности того или иного вида нитей, в особенности современных видов нитей со специальными свойствами. Так, например, оценка свойств нитей при растяжении проводится при стандарт-

ной базе испытаний 500 мм, а длина нити основы в заправке ткацкого станка составляет от 1500 до 1800 мм.

Теория наислабейшего звена применительно к текстильным материалам была успешно использована в работах проф. В.П. Щербакова и его учеников и соавторов [1...3]. В основе разработанного подхода лежат результаты В. Вейбулла, получившего соответствующую функцию распределения. Преимущество использования распределения Вейбулла в данном случае заключается в том, что указанное распределение позволяет экстраполировать экспериментальные значения прочности в область малых вероятностей.

Воспользуемся записью распределения Вейбулла, полученной проф. В.П. Щербаковым:

$$\Phi = 1 - \exp \left[- \frac{\ell}{\ell_0} \left(\frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_w} \right)^\alpha \right]. \quad (1)$$

Распределение Вейбулла имеет два параметра: α – коэффициент формы кривой распределения, в данном случае определяет структурные особенности материала, и σ_w – коэффициент масштаба, имеет физический смысл модального значения прочности. Параметр ℓ_a характеризует длину (база испытаний) стандартного образца нити при испытаниях, величина σ_0 – это пороговое напряжение, если $\sigma = \sigma_0$, то разрушения не произойдет.

Формулы для средней прочности, дисперсии прочности и коэффициента вариации имеют следующий вид, соответственно:

$$\bar{\sigma} = \sigma_w \left(\frac{\ell_0}{\ell} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (2)$$

$$D = \sigma_w^2 \left(\frac{\ell_0}{\ell} \right)^{\frac{2}{\alpha}} \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{\alpha} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right], \quad (3)$$

$$C_w = \sqrt{\frac{\Gamma \left(1 + \frac{2}{\alpha} \right)}{\Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right)} - 1}. \quad (4)$$

Если в формулах (2) и (3) заменить напряжение σ на нагрузку P , а также параметр σ_w на P_w , тогда итоговое выражение для определения средней разрывной нагрузки нити при любой длине ℓ при известной базе ℓ_a примет вид:

$$\bar{P} = P_w \left(\frac{\ell_0}{\ell} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (5)$$

где \bar{P} – средняя разрывная нагрузка, сН; ℓ_0 – зажимная длина нити, мм; P_w и α – параметры распределения Вейбулла; $\Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right)$ – гамма-функция аргумента.

Таким образом, для определения средней разрывной нагрузки нити при любой длине ℓ необходимо знать параметры распределения Вейбулла (P_w и α) из опытов на растяжение при заданной базе испытаний ℓ_0 .

Итак, исследуем масштабный эффект прочности для трех видов параарамидных нитей малой линейной плотности, которые находят применение при изготовлении тканей специального назначения и при этом отличаются значительной дефектностью структуры (присутствуют массовые обрывы отдельных филаментов – "шишки"). Для определения параметров распределения Вейбулла проведем испытания разрывной нагрузки для нитей Армалон 2,2 и 3,3 текс на базе 200 мм и для нитей Руслан 6,3 текс на базе 500 мм. Далее в среде Statistica проведем обработку данных и построим гистограммы распределения прочности нитей, затем аппроксимируем экспериментальные распределения распределением Вейбулла с помощью встроенной функции.

На рис. 1 представлена гистограмма распределения значений разрывной нагрузки нити Руслан 6,3 текс, аппроксимированная теоретическим распределением Вейбулла. В табл. 1 представлены значения параметров распределения Вейбулла P_w и α для трех видов арамидных нитей малой линейной плотности.

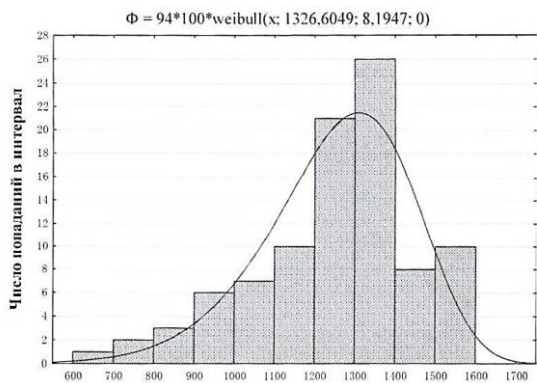


Рис. 1

Т а б л и ц а 1

Наименование нити	Параметр	
	P_w , сН	α
Армалон 2,2 текс (14 филам.)	414,447	3,701
Армалон 3,3 текс (18 филам.)	591,927	11,454
Руслан 6,3 текс (50 филам.)	1326,605	8,195

На основании данных табл. 1 можно сделать вывод о том, что в наибольшей степени масштабный эффект прочности будет выражен для нитей Армалон 2,2 текс, характеризующихся минимальным значением параметра α , что свидетельствует о высоком коэффициенте вариации по прочности, то есть с увеличением длины данной нити ее прочность существенно снижается. При длине 50 мм разрывная нагрузка составит 544 сН, а при длине 500 мм уже 292 сН – на 46% меньше.

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы для оценки напряженности условий снования и ткачества, так как по известной длине нити в заправке машины или станка можно оценить ее среднюю прочность и выбрать рациональный уровень натяжения. Так, длина нити основы в заправке рапирного станка 1500...1800 мм, а значит средняя расчетная прочность нити Армалон 2,2 текс при такой длине составит всего 207...217 сН.

По формуле (5) проведем расчет средней разрывной нагрузки для исследуемых арамидных нитей в зависимости от длины образца l . Полученные результаты представлены на рис. 2 (масштабный эффект прочности арамидных нитей малой линейной плотности в логарифмических координатах).

Видно, что прочность в логарифмических координатах уменьшается линейно при увеличении длины образца, тогда как в обычном масштабе прочность от длины описывается показательной функцией [4].

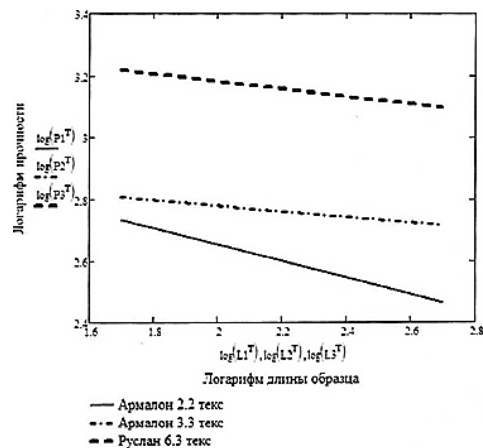


Рис. 2

Далее для подтверждения полученных результатов оценим масштабный эффект прочности для трех видов пряжи из синтетических волокон. В табл. 2 представлены значения параметров распределения Вейбулла для пряжи Арселон 29 текс, Протекс 100% 30 текс, Протекс/Арамид 70/30% 30 текс. На рис. 3 представлена гистограмма распределения значений разрывной нагрузки смешанной пряжи 70/30% Протекс/Арамид, аппроксимированная теоретическим распределением Вейбулла.

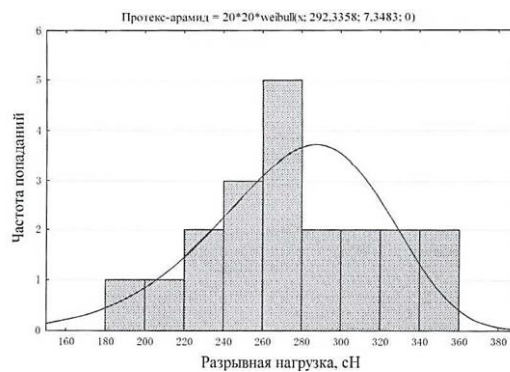


Рис. 3

Т а б л и ц а 2

Наименование нити/пряжи	Параметры распределения	
	P_w , сН	α
Арселон 29 текс	637,997	4,201
Протекс 100% 30 текс	254,915	3,208
Протекс/Арамид 70/30% 30 текс	292,336	7,348

На основании данных табл. 2 можно сделать вывод о том, что в наибольшей степени масштабный эффект прочности выражен для 100%-ной пряжи Протекс, характеризующейся минимальным значением $\alpha=3,208$, далее следует пряжа Арселон с $\alpha = 4,201$.

По формуле (5) проведем расчет средней разрывной нагрузки для исследуемых видов пряжи в зависимости от длины образца l . Полученные результаты представлены на рис. 4 в логарифмических координатах (масштабный эффект прочности различных видов пряжи).

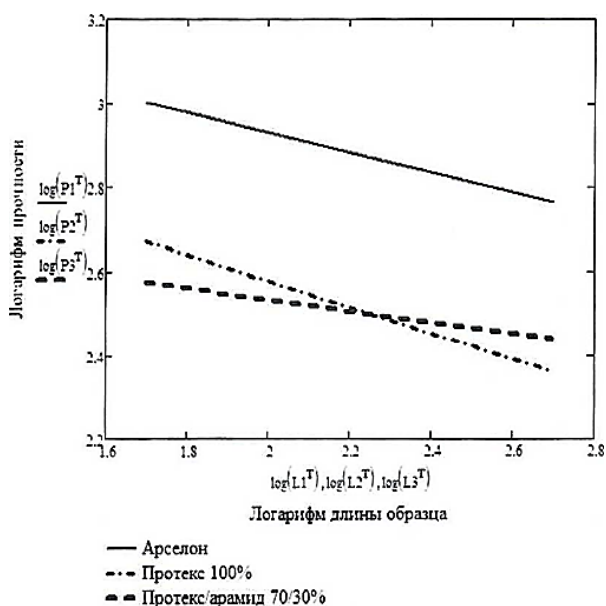
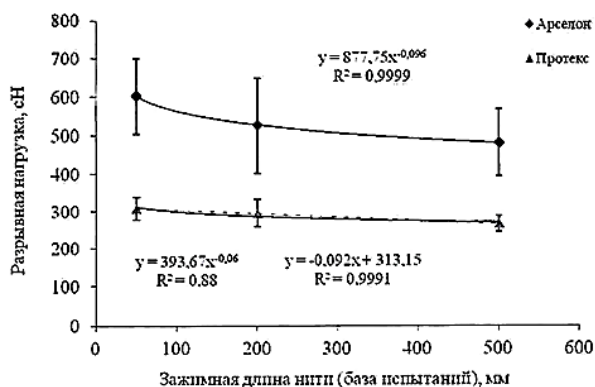
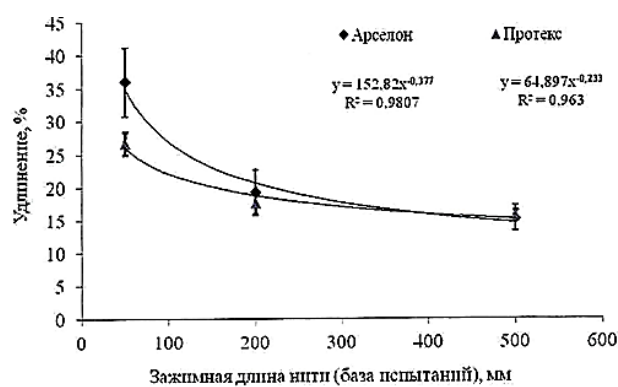


Рис. 4

Можно сделать вывод о том, что средняя прочность пряжи Протекс 100% выше



а)



б)

Рис. 5

средней прочности смесовой пряжи Протекс/Арамид 70/30%. Но так как параметр α смесовой пряжи больше, чем у 100%-ной пряжи, то масштабный эффект у 100%-ной пряжи Протекс выражен сильнее и поэтому для более коротких образцов такой пряжи средняя прочность оказывается выше.

Далее определим коэффициент реализации средней прочности волокон в пряже:

$$k = \frac{(\alpha_0)^{\frac{1}{\alpha}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}. \quad (6)$$

Для пряжи Арселон имеем $k = 0,62$, для 100%-ной пряжи Протекс $k = 0,57$ и для смесовой пряжи Протекс/Арамид 70/30% имеем максимальное значение коэффициента реализации прочности $k = 0,71$. Таким образом, установлено, что добавление 30% параарамидных волокон в смесь к модифицированным полиакрилонитрильным волокнам Протекс позволяет увеличить коэффициент реализации средней прочности на 24,5%.

С целью более детального исследования масштабного эффекта прочности синтетической пряжи проведены испытания пряжи Протекс и Арселон на разрывной машине при различной зажимной длине (базе), а именно при 50, 200 и 500 мм. Результаты исследований разрывной нагрузки и удлинения от базы испытания приведены на рис. 5 (разрывная нагрузка (а) и удлинение (б) пряжи в зависимости от зажимной длины).

Установлено, что разрывная нагрузка и удлинение пряжи Арселон уменьшаются с увеличением базы испытаний в соответствии со степенным законом, разрывная нагрузка пряжи Протекс также уменьшается с увеличением базы, но происходящие изменения лучше описываются линейной зависимостью, чем степенной. Интересно, что удлинения Арселона и Протекса на базе 500 мм практически совпадают, хотя на базе 50 мм удлинение пряжи Арселон было на 35% выше, чем пряжи Протекс. Это означает, что масштабный эффект по удлинению у Арселона выражен больше, чем у Протекса.

Для экспресс-оценки масштабного эффекта прочности пряжи Арселон и Протекс и их степени дефектности воспользуемся коэффициентами $k_p = P_2^*/P_1^*$ и $k_\varepsilon = \varepsilon_2^*/\varepsilon_1^*$, которые равны отношению средней прочности и среднего удлинения, соответственно, при различной базе испытаний [4]. Если использовать произведение данных коэффициентов $k_p k_\varepsilon$, то можно охарактеризовать изменение работы разрушения при различной базе.

Так, для пряжи Арселон получены значения $k_p k_\varepsilon = 0,341$, а для пряжи Протекс $k_p k_\varepsilon = 0,513$. Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что дефектность у пряжи Арселон проявляется больше в разрывной нагрузке, удлинении и работе разрыва, чем у пряжи Протекс.

ВЫВОДЫ

1. Для параарамидных нитей малой линейной плотности 2,2...6,3 текс и пряжи из синтетических термо- и огнестойких волокон впервые получены параметры распределения Вейбулла, описывающего разрывную нагрузку.

2. Исследован характер изменения средней разрывной нагрузки нитей и пряжи в зависимости от базы испытаний. Сделаны вы-

воды о степени дефектности параарамидных нитей малой линейной плотности и пряжи из синтетических волокон.

3. Предложено использовать полученные результаты для оценки напряженности технологического процесса переработки нитей или пряжи, в частности, устанавливать уровень заправочного натяжения на ткацком станке исходя из средней прочности, рассчитанной для конкретной длины нити основы в заправке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2008.
2. Скуланова Н.С. Проектирование технологии и сформированной из нетрадиционных видов сырья аппаратной шерстяной пряжи: Дис...докт. техн. наук. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2008.
3. Денисова Е.В. Разработка структуры и технологии получения неоднородных нитей для технических изделий: Дис...канд. техн. наук. – М.: МГУДТ, 2015.
4. Перепелкин К.Н. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009.

REFERENCES

1. Shcherbakov V.P., Skulanova N.S. Osnovy teorii deformirovaniya i prochnosti tekstil'nykh materialov. – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2008.
2. Skulanova N.S. Proektirovanie tekhnologii i sformirovannoy iz netraditsionnykh vidov syr'ya apparatnoy sherstyanoy pryazhi: Dis....dokt. tekhn. nauk. – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2008.
3. Denisova E.V. Razrabotka struktury i tekhnologii polucheniya neodnorodnykh nitey dlya tekhnicheskikh izdeliy: Dis....kand. tekhn. nauk. – M.: MGUDT, 2015.
4. Perepelkin K.N. Armiruyushchie volokna i voloknistye polimernye kompozity. – Spb.: Nauchnye osnovy i tekhnologii, 2009.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 21.01.19.

**МЕТОД КОНТРОЛЯ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ
ПУТЕМ АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА**

**THE METHOD OF CONTROLLING THE STRUCTURE OF THE WINDING
BY ANALYZING THE KINEMATIC PARAMETERS
OF THE WINDING MECHANISM**

Г.З. ДЖАББАРОВА, Э.ДЖ. ХАЛИЛОВ, М.Н. НУРИЕВ

G.Z. DZHABBAROVA, E.J. KHALILOV, M.N. NURIEV

(Азербайджанский государственный экономический университет,
Азербайджанской технической университет)

(Azerbaijan State Economic University,
Azerbaijan Technical University)

E-mail: ganin.cabbarova@mail.ru; esminkhalilov@yahoo.com; mehman62@mail.ru

Рассмотрен предложенный авторами метод контроля структуры намотки, формируемой с помощью фрикционных мотальных механизмов, в состав которых входят устройства для рассеивания жгутовой намотки. Показано, что с помощью такого метода можно количественно оценить качество структуры намотки, используя единичный показатель "число витков в дефектах намотки". На основе полного факторного эксперимента, проведенного с использованием этого параметра в качестве выходного, установлены рациональные режимы работы механизма рассеивания жгутовой намотки с синусоидальным изменением скорости нитеводителя.

The method proposed by the authors for controlling the structure of the winding formed using friction winding mechanisms, which include devices for dispersing the bundle winding, is considered. It is shown that using this method it is possible to quantify the quality of the winding structure using a single indicator "the number of turns in winding defects". Based on the full factorial experiment conducted using this parameter as the output, rational operating modes of the dispersion mechanism of the bundle winding with a sinusoidal change in the speed of the yarn guide are established.

Ключевые слова: крестовая намотка, жгутовая намотка, структура намотки, рассеивание жгутов, изменение скорости нитеводителя.

Keywords: cross winding, bundle winding, winding structure, dispersion of bundles, change of thread guide speed.

Анализ процесса образования дефектов структуры намотки детально описан в [1...3], где показано, что дефектная намотка возникает в случае выполнения соотношения:

$$|(mL - \pi Dn) \sin \beta| \leq kd_n, \quad (1)$$

где D – диаметр бобины; L – длина волны кривой укладки витка на поверхности бобины; β – угол подъема витка; d_n – диаметр наматываемой нити; m и n – простые числа (1...6), характеризующие кратность жгутовой намотки.

Это соотношение можно использовать на этапе проектирования мотального механизма и только в том случае, когда в его состав не включают специальное устройство для рассеивания дефектной намотки. На практике для анализа структуры намотки применяют экспериментальные методы [4...6].

Наиболее точным методом контроля качества структуры намотки является метод, основанный на контроле кинематических параметров [7], то есть частоты вращения бобины и частоты движения нитеводителя.

Разделим обе части выражения (1) на Ln , в результате чего получим:

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{\pi D}{L} \right| \leq \frac{kd_n}{nL \sin \beta}. \quad (2)$$

Разделив числитель и знаменатель второго члена в левой части выражения (2) на линейную скорость бобины, получим:

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{T_b}{T_p} \right| \leq \frac{kd_n}{nL \sin \beta}, \quad (3)$$

где T_b и T_p – время одного оборота бобины и период движения нитеводителя.

Длина волны L кривой укладки витка на поверхности бобины является константой, зависящей от наладки и конструктивных параметров мотального механизма, которую можно рассчитать по формуле:

$$L = \frac{2H}{\sin \beta}, \quad (4)$$

где H – величина хода нитеводителя.

Подставив значение L в (3), получим:

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{T_b}{T_p} \right| \leq \frac{kd_n}{2nH}. \quad (5)$$

Полученное выражение можно использовать для контроля структуры намотки в процессе работы мотального механизма. На рис. 1 изображена кинематическая схема мотального механизма с фрикционным приводом паковки, позволяющим контролировать структуру намотки.

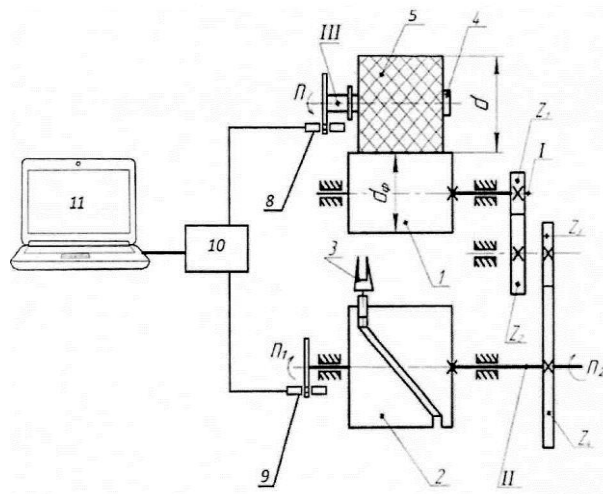


Рис. 1

Механизм состоит из мотального барабанчика 1, с поверхностью которого контактирует наматываемая бобина 5. Мотальный барабанчик посредством зубчатых передач Z_1 , Z_2 , Z_3 и Z_4 кинематически связан с кулаком раскладчика 2. В пазе этого кулака располагается глазок нитеводителя 3. Бобина наматывается на патрон 5, который установлен на валу III бобинодержателя (на схеме не показан).

Для контроля структуры намотки на вал III бобины установлен датчик 8, выдающий один импульс за каждый оборот бобины. А на вал II кулака раскладчика установлен датчик 9, выдающий импульс за один двойной ход нитеводителя. Очевидно, что время между двумя последовательно поступающими от датчика 8 импульсами равно T_b , а время между импульсами, поступающими от датчика 9, равно T_p .

Обработка сигналов, поступающих от датчиков 8 и 9, сводится к проверке условия (5). При этих проверках значения m и n устанавливаются независимо друг от друга последовательно в диапазоне от 1 до 6. В [1] показано, что при больших значениях дефекты намотки, образующиеся при наложении нитей друг на друга, практически незаметны и не влияют на сход нити с паковки при ее разматывании. Для проведения такой проверки используется микропроцессор 10, который передает результаты обработки в компьютер 11 для окончательной обработки, визуализации и хранения.

Текущий диаметр намотки можно рассчитать по известной величине T_6 с использованием формулы:

$$D = \pi v T_6, \quad (6)$$

где v – скорость наматывания.

Измерение проводится с интервалом, равным времени двойного хода нитеводителя. Обработка сигналов осуществляется в режиме реального времени.

Рассчитаем шаг изменения диаметра наматывания. Массу кольцевого слоя, укладываемого в намотку за один двойной ход нитеводителя, рассчитаем по формуле:

$$M = n\gamma D\Delta R, \quad (7)$$

где γ – плотность намотки; D – диаметр слоя намотки; ΔR – приращение радиуса намотки за один двойной ход нитеводителя.

Массу нити, которая укладывается в намотку за один двойной ход нитеводителя, рассчитаем по формуле:

$$M = \frac{2HT}{10^6 \pi \gamma \sin \beta}, \quad (8)$$

где H – высота намотки; T – линейная плотность наматываемой нити; β – угол подъема витка.

Приравняв левые части выражений (7) и (8), найдем приращение радиуса намотки за один двойной ход нитеводителя:

$$\Delta R = \frac{2HT}{10^6 \pi \gamma \sin \beta}. \quad (9)$$

Это небольшая величина. Так, для намотки на пневмомеханических прядильных машинах ВД-200 любой модификации она составляет от 0,0022 до 0,0088 мм, в зависимости от диаметра наматывания. Таким образом, намотка формируется в среднем за 45000 ходов нитеводителя. Результаты анализа для каждого значения m и n будут представлять собой файл с соответствующим количеством нулей (условие (5) не выполняется) и единиц (условие (5) выполняется), то есть всего около 1620000 значе-

ний. Для удобства анализа представляется целесообразным сгруппировать приращение диаметра по 60 ходов нитеводителя, и рассчитывать количество дефектов намотки в соответствующем интервале. В этом случае структуру намотки каждого значения m и n можно проиллюстрировать графиком, на котором по оси абсцисс будет откладываться диаметр намотки, а по оси ординат количество витков, для которых выполняется условие (5). Для полного описания структуры намотки графики, относящиеся к разным значениям m и n , нужно просуммировать.



Рис. 2

В качестве примера на рис. 2 приведен график, характеризующий структуру намотки бобины, полученной на прядильной самокруточной машине ПСК-225ШГ2.

Из приведенного графика видно, что на некоторых диаметрах намотки наблюдается большое количество совпадающих витков. На этих диаметрах формируются дефекты намотки в виде жгутов. По приведенному графику или на основании данных, по которым он был построен, можно проводить объективную количественную оценку качества намотки.

Для окончательного вывода о качестве намотки необходимо предложить методику анализа первичных данных, получаемых по результатам анализа кинематических параметров мотального механизма, например, таких, как приведенные на графике рис. 2.

Как правило, при оценке намотки эксперты оперируют качественными понятиями, причем часто их мнения относительно одного и того же объекта могут отличаться друг от друга. Для получения объективных количественных характеристик качества структуры паковки необходимо формализовать процесс формирования оценки экспертом, для чего следует выявить всевозможные зависимости, которыми они руководст-

вуются при вынесении решения. На основе этих зависимостей необходимо разработать совокупность правил, позволяющих однозначно определять величину негативного влияния дефектов структуры на качество намотки, и таким образом сформировать базу знаний.

В [3] показано, что в качестве объективного критерия для оценки дефектов структуры намотки в виде жгутов и ленты можно использовать количество нитей в жгуте. Эту величину можно рассчитать по следующему алгоритму, который иллюстрируется рис. 2.

1. На основании экспертного опроса устанавливается минимально допустимое количество нитей в дефекте намотки, то есть такое, при котором жгут или лента не оказывают существенного влияния на ход технологического процесса или качество нитей. На рис. 2 этот уровень показан красной линией.

2. На каждом диаметре намотки определяется количество нитей в дефекте (вертикальные линии на рис. 2).

3. Производится сравнение высоты вертикальных линий с допустимым уровнем.

4. Производится подсчет и суммирование высот вертикальных линий, превышающих допустимый уровень.

5. Полученное число однозначно характеризует качество намотки и может использоваться как единичный показатель, характеризующий структуру намотки.

В [8] разработана математическая модель формирования намотки с синусоидальным изменением скорости нитеводителя и показана ее высокая эффективность для машины ВД-200S. Оценим пригодность этой модели, а также определим минимальные значения амплитуды изменения угла подъема витка $\Delta\beta$ и периода $T_{\text{ц}}$ его изменения, обеспечивающие высокоэффективное устранение жгутовой намотки.

Эксперименты по определению рациональных режимов механизма рассеивания проводились на мотальном стенде, моделирующем условия намотки на прядильно-крутильной машине ПК-100-МЗ. При создании стенда ставились следующие задачи.

1. Моделирование рассеивания при периодическом изменении усилия прижима бобины к мотальному валу.

2. Моделирование рассеивания при периодическом подтормаживании мотального вала.

3. Моделирование рассеивания при синусоидальном изменении угла подъема витка.

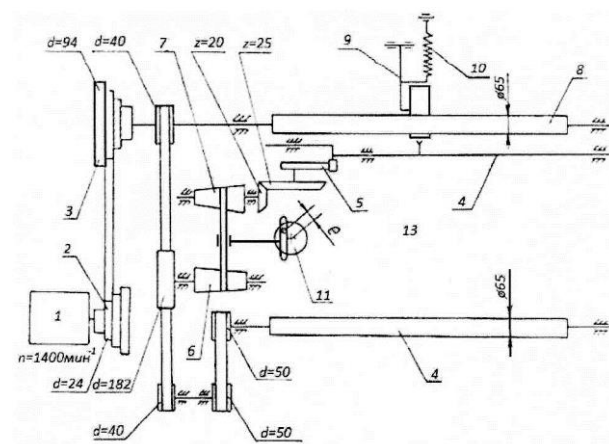


Рис. 3

Кинематическая схема мотального стенда показана на рис. 3.

Все рабочие органы получают движение от электродвигателя 1 через плоскоремennую передачу со ступенчатыми шкивами 2 и 3, которые позволяют устанавливать скорость намотки 74...300 м/мин. Раскладка нити производится штангой 4, проходящей вдоль мотального вала. На штанге расположены глазки нитеводителей. Привод штанги осуществляется от плоского кулака 5. Изготавливая кулаки с разным профилем и эксцентриситетом, можно моделировать намотку на различных машинах с шириной намотки вплоть до 150 мм. В настоящей работе использовалась намотка шириной 80 мм, моделирующая паковку машины ПК-100МЗ. В приводе к штанге нитеводителя также имеется коноидная передача 3 и 4, позволяющая варьировать значениями угла подъема витка в намотке в пределах 12...19° путем фиксации положения отводки в определенном положении. Мотальный вал 8 диаметром 65 мм установлен на подшипниках качения. На его левом конце с возможностью вращения посажен шкив 3 плоскоремennой передачи. Формируемые паковки устанавливались на рычаге бобинодержателя 9, который с помощью пружины растяжения 10 прижимался к мотальному валу.

При проведении экспериментов использовалась хлопчатобумажная пряжа с линейной плотностью 25×2 текс, выработанная на прядильно-крутильной машине, то есть на стенде она перематывалась.

Изменение угла подъема витка осуществлялось путем изменения положения ремня на коноидах с помощью эксцентрикового механизма.

Амплитуда этого изменения устанавливалась изменением эксцентриситета e , а пе-

риод изменения угла подъема витка – угловой частотой вращения эксцентрика 11, получающего движение от отдельного регулируемого привода.

Изменение уровней факторов проводили по плану ПФЭ-2². Матрица планирования приведена в табл. 1. Выходным параметром служило суммарное количество нитей в дефектах намотки, превышающих допустимое значение (красная линия на рис. 2), которое принималось равным 10.

Т а б л и ц а 1

№ варианта	Факторы				Значения выходного параметра (число витков в дефектах намотки) Y				
	амплитуда		период						
	Δβ, %	код. знач. X ₁	T _ц , ходов нитеводителя	код. знач. X ₂	повторности			средн.	дисп.
					1	2	3		
1	1	-	5	-	149	147	150	148,7	2,3
2	10	+	5	-	25	27	21	24,3	9,3
3	1	-	40	+	88	94	87	89,7	14,3
4	10	+	40	+	3	6	8	5,7	6,3

По результатам обработки полного факторного эксперимента получено следующее регрессионное уравнение в кодированных значениях факторов:

$$Y=67,08-52,08X_1-19,42X_2+10,08X_1X_2. \quad (10)$$

Как следует из полученного уравнения, наиболее значимым фактором является изменение угла раскладки X₁(Δβ).

Регрессионное уравнение для расчета количества витков в дефектах намотки при синусоидальном изменении угла подъема витков в натуральных значениях факторов имеет вид:

$$Y=172,26-14,42\Delta\beta-1,9T_{ц}+0,128\Delta\beta T_{ц}. \quad (11)$$

Это уравнение позволяет, задаваясь значением одного из факторов и допустимым значением выходного параметра Y, рассчитать рациональное значение другого фактора, обеспечивающего отсутствие дефектов намотки.

Поскольку допустимое количество витков во всех дефектах принималось равным 10, то нижнее возможное значение периода изменения угла раскладки можно принять

равным этому значению, то есть T_ц= 10. Тогда из уравнения (11) Δβ=8,3%. При T_ц= 20 требуемое значение Δβ = 5,3%. Эти технологические параметры положены в основу при проектировании нового предлагаемого механизма раскладки.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М., 2006.
2. Рудовский П.Н., Киприна Л.Ю., Нуриев М.Н. Методика количественной оценки параметров структуры намотки // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2005, № 11. С. 27...30.
3. Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Оценка качества структуры текстильных паковок с использованием современных информационных технологий. – Кострома, 2011.
4. Денисов А.Р., Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4С. С. 111...113.
5. Rudovsky P.N. Control of package build in random winding // Melliand Textilberichte. – V. 78, № 3, 1997. P. 138...141+E30-E31.
6. Соркин А.П., Рудовский П.Н. Наматывание ровницы без принудительного привода катушек на ровничных машинах. – Кострома, 2015.

7. Нуриев М.Н., Джаббарова Г.З. Использование кинематических параметров мотального механизма для контроля структуры намотки // Технологии и качество. – 2018, №2. С.3...7.

8. Джаббарова Г.З., Нуриев М.Н. Формирование паков с синусоидальным изменением скорости нитеводителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №2. С. 176...180.

REFERENCES

1. Palochkin S.V., Rudovskiy P.N., Nuriev M.N. Metody i sredstva kontrolya osnovnykh parametrov tekstil'nykh pakovok. – M., 2006.

2. Rudovskiy P.N., Kiprina L.Yu., Nuriev M.N. Metodika kolichestvennoy otsenki parametrov struktury namotki // Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2005, № 11. S. 27...30.

3. Kiprina L.Yu., Rudovskiy P.N. Otsenka kachestva struktury tekstil'nykh pakovok s ispol'zovaniem sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy. – Kostroma, 2011.

4. Denisov A.R., Kiprina L.Yu., Rudovskiy P.N. Primenenie metodov klasternogo analiza dlya kontrolya kachestva pakovok krestovoy namotki // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2006, № 4S. S. 111...113.

5. Rudovsky P.N. Control of package build in random winding // Melliand Textilberichte. – V. 78, № 3, 1997. P. 138...141+E30-E31.

6. Sorkin A.P., Rudovskiy P.N. Namatyvanie rovnytsy bez prinuditel'nogo privoda katushek na rovnichnykh mashinakh. – Kostroma, 2015.

7. Nuriev M.N., Dzhabbarova G.Z. Ispol'zovanie kinematcheskikh parametrov motal'nogo mekhanizma dlya kontrolya struktury namotki // Tekhnologii i kachestvo. – 2018, №2. S.3...7.

8. Dzhabbarova G.Z., Nuriev M.N. Formirovanie pakovok s sinusoidal'nym izmeneniem skorosti nitevoditelya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №2. S. 176...180.

Рекомендована кафедрой стандартизации и сертификации АГЭУ. Поступила 14.12.18.

УДК 677.016.45

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ТРАДИЦИОННЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ
КЛАССОВ КРАСИТЕЛЕЙ
С ПОЛИУРЕТАНОВЫМ ВОЛОКНОМ**

**RESEARCH OF THE INTERACTION
OF TRADITIONAL AND NON-TRADITIONAL
CLASSES OF DYES WITH POLYURETHANE FIBER**

А.С. МИШУКОВА, В.В. САФОНОВ

A.S. MISHUKOVA, V.V. SAFONOV

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

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

E-mail: svv@staff.msta.ac.ru

В работе проведено исследование взаимодействия традиционных и нетрадиционных классов красителей с полиуретановым волокном. Получены и проанализированы ИК-спектры окрашенных образцов.

In the work, the interaction of traditional and non-traditional classes of dyes with polyurethane fiber was studied. The IR spectra of the stained samples were obtained and analyzed.

Ключевые слова: полиуретановое волокно, крашение.

Keywords: polyurethane fiber, dyeing.

В связи с открытием новых технологий крашения полиуретановых волокон требуется определить механизмы взаимодействия для понимания и дальнейшего улучшения технологии.

Известно, что на концах макромолекул цепи полиуретанового волокна содержатся концевые толуидиновые группы, которые могут протонироваться в кислой среде, а также вступать в химические реакции. В связи с этим есть возможность использовать для крашения волокон кислотные красители, помимо подходящих для термопластичных

волокон дисперсных красителей. Также возможно проводить последовательные реакции диазотирования и азосочетания для получения устойчивых окрашенных соединений [1], [2].

В работе использовали полиуретановое волокно LYCRA FIBER SPANDEX YARN 156 DTEX TYPE 166C MERGE 1A196. Были выбраны красители: кислотный алый, дисперсный розовый 2С, азотол А (полупродукт). По традиционной технологии образцы красили при температуре 60°C 45 мин для кислотных красителей и 60 мин – для

дисперсных. Концентрация красителя составляла 1% от массы волокна. Перед крашением азотом А образцы диазотировали нитритом натрия, 25% от массы волокна, в кислой среде. Обработку азотом проводили при концентрации 1 г/л 10 мин в щелочной среде. Исследование ИК-спектров образцов ПУ проводили на ИК-Фурье спектрометре IRTracer-100.

ИК-спектр неокрашенного образца полиуретановых волокон соответствует литера-

турным данным по ИК-спектрам этого полимера. На спектре хорошо видна характерная широкая полоса в области 3300 см^{-1} , отвечающая валентным колебаниям NH и NH_2 -групп (рис. 1 – ИК-спектры образцов полиуретанового волокна, окрашенных различными классами красителей, в области $3000\text{...}4000\text{ см}^{-1}$). Также присутствуют полосы при 1730 см^{-1} ("Амид I"), 1520 см^{-1} ("Амид II"), 1220 см^{-1} ($\nu(\text{C-O})$) и сильная полоса при 1100 см^{-1} ($\nu_{\text{asym}}(\text{O-C-O})$) (рис. 3).

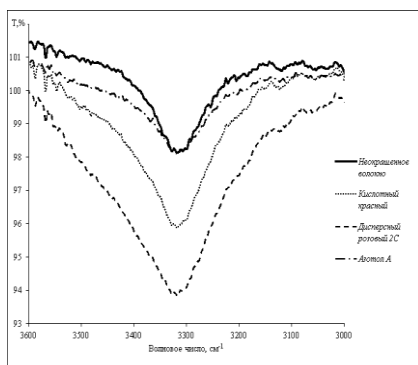


Рис. 1

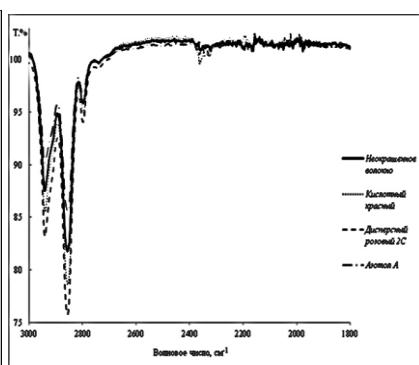


Рис. 2

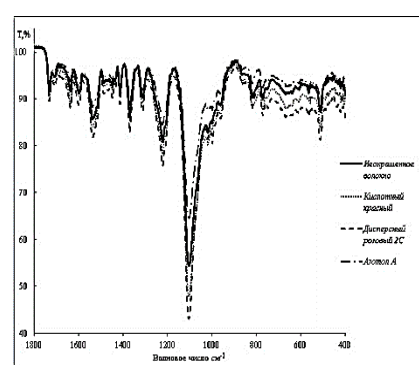


Рис. 3

В ИК-спектрах образцов ПУ, окрашенных кислотными и дисперсными красителями, наблюдается увеличение интенсивности валентных колебаний NH_2 -групп без изменений контура или смещения полосы колебаний (рис. 1). Скорее всего, это говорит о том, что при крашении эти группы не затрагиваются. Несмотря на небольшое содержание красителя в волокне (1% от массы волокна), анализ спектров окрашенного и неокрашенных образцов показывает, что краситель оказывает влияние на структуру волокна. На рис. 2 (ИК-спектры образцов полиуретанового волокна, окрашенных различными классами красителей, в области $1800\text{...}3000\text{ см}^{-1}$) и рис. 3 (ИК-спектры образцов полиуретанового волокна, окрашенных различными классами красителей, в области $400\text{...}1800\text{ см}^{-1}$) видно, что в ИК-спектрах образцов, окрашенных кислотными и дисперсными красителями, наблюдается увеличение интенсивности колебаний полос, характерных для полиуретанов. В целом краситель несущественно изменяет спектр волокна, что свидетельствует о том, что связи между красителем и волокном, ви-

димо, межмолекулярные. Это согласуется с литературными данными.

В ИК-спектре образца ПУ, окрашенного азотом по двухстадийной технологии, наблюдается увеличение ширины полосы поглощения в области $3200\text{...}3400\text{ см}^{-1}$, соответствующей полосе валентных колебаний NH_2 -группы, что свидетельствует о протекании реакции азосочетания. При этом интенсивность колебаний по сравнению с неокрашенным образцом увеличивается до области 3000 см^{-1} , затем интенсивность уменьшается.

Для проверки окрасок образцов полиуретановых волокон на прочность были проведены испытания устойчивости окраски образцов к стиркам по ГОСТ 9733.4–83. Результаты испытаний устойчивости окраски полиуретановых волокон кислотным алым, дисперсным розовым 2С и азотом А представлены в табл. 1. Установлено, что образцы ПУ, окрашенные с помощью азотом А, обладают высокой устойчивостью окраски к мокрым обработкам. По результатам испытаний известно, что в водной среде ионные связи между кислотным красителем и волокном ослабевают.

Образец	Номер стирки				
	1	2	3	4	5
Кислотный алый	3/3/3	3/2/3	2/2/1	2/1/1	2/1/1
Дисперсный розовый 2С	5/5/5	5/5/5	5/5/5	5/5/5	5/4/5
Азотол А	5/5/5	4/5/5	4/5/4	4/3/4	3/3/3

ВЫВОДЫ

В результате исследования получены ИК-спектры окрашенных образцов ПУ и проведен их анализ. Установлено, что окраска азотолом А обладает большей устойчивостью к мокрым обработкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишукова А.С., Сафонов В.В. Исследование процессов крашения полиуретановых волокон различными классами красителей. // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии, инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2016). Ч.2 – М.: МГУДТ, 2016. С.200...202.

2. Пат. на изобретение №2591936 РФ. Способ крашения полиуретановых волокон / Мишукова А.С., Сафонов В.В.; патентообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мос-

ковский государственный университет дизайна и технологии". – №2015120926/05; заявл. 02.06.2015; опубл. 20.07.2016.

REFERENCES

1. Mishukova A.S., Safonov V.V. Issledovanie protsessov kraseniya poliuretanovykh volokon razlichnymi klassami krasiteley. // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii, innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (Innovatsii-2016). Ch.2 – M.: MGUDT, 2016. S.200...202.

2. Pat. na izobretenie №2591936 RF. Sposob kraseniya poliuretanovykh volokon / Mishukova A.S., Safonov V.V.; patentoobladatel': federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy universitet dizayna i tekhnologii". – №2015120926/05; zayavl. 02.06.2015; opubl. 20.07.2016.

Рекомендована кафедрой реставрации и химической обработки материалов. Поступила 02.06.18.

УДК 678.37.28.015

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА РАСПЛАВЫ ПКМ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ*

ESTABLISHING THE DEPENDENCE OF THE EFFECT OF ULTRASOUND ON PKM MELTS AND THEIR FUNCTIONAL TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS

*И.А. КИРШ, Ю.В. БАБИН, В.В. АНАНЬЕВ, И.С. ТВЕРИТНИКОВА,
В.А. РОМАНОВА, О.А. БАННИКОВА, О.В. БЕЗНАЕВА*

*I.A. KIRSH, YU.V. BABIN, V.V. ANANIEV, I.S. TVERITNIKOVA,
V.A. ROMANOVA, O.A. BANNIKOVA, O.V. BEZNAEVA*

(Московский государственный университет пищевых производств)

(Moscow State University of Food Production)

E-mail: babin@mgupp.ru

В статье приводятся результаты исследования влияния ультразвука на расплавы полимерных композиционных материалов (ПКМ), модифициро-

* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, уникальным идентификатором проекта является RFMEFI57418X0191.

ванных наполнителями различной химической природы. Исследования ПКМ с наночастицами серебра, полученные с ультразвуковой (УЗ) обработкой, показали увеличение сроков хранения продуктов питания; УЗ обработка расплавов ПКМ ускоряет процессы биоразложения методом компостирования.

The article presents the results of the study of the effect of ultrasound on melts of polymer composite materials (PCM), modified by fillers of various chemical nature. Studies of PCM with silver nanoparticles obtained with ultrasonic (US) processing showed an increase in the shelf life of food products; Ultrasonic processing of PCM melts accelerates biodegradation processes by composting.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, ультразвук, биоразложение, антимикробные добавки.

Keywords: polymer composite materials, ultrasound, biodegradation, antimicrobial additives.

В последнее время большое внимание уделяется вопросам создания полимерных композиционных материалов (ПКМ) с требуемым комплексом эксплуатационных свойств. ПКМ сегодня имеет широкую область применения, начиная от композиций с повышенными физико-механическими свойствами, барьерными характеристиками, с антимикробными свойствами и даже со способностью к биоразложению после их использования.

Большинство ПКМ могут иметь различные составы: от состава "полимер-наполнитель" до "полимер-полимерных" композиций. В большинстве случаев при создании ПКМ большое значение имеет формирование структур с равномерным распределением одного компонента в другом. Для достижения результата можно использовать различные приемы: механическое перемешивание, использование диспергаторов различной химической природы и т.п. Однако практический и научный интерес все больше приобретает направление ультразвуковой (УЗ) обработки расплавов полимеров [1...7]. Это связано с тем, что УЗ обработка позволяет осуществлять равномерное распределение компонентов ПКМ. Однако работ в данной области проведено недостаточно.

В связи с этим целью настоящей работы являлось установление зависимости влияния ультразвука на расплавы полимерных композиционных материалов, модифицированных наполнителями различной химичес-

кой природы, и их функциональные технологические характеристики.

Экспериментальная часть. В качестве объектов исследования в работе был выбран полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) марки Казпэлен 15813-20, поскольку он является многотоннажным, из него производят широкий ассортимент изделий, в том числе упаковочных. На его основе были получены образцы полимерных композиций, модифицированные наполнителями различной химической природы.

Для создания биоразлагаемых полимерных композиционных материалов (ПКМ) были использованы следующие наполнители: отходы агропромышленного комплекса (АПК), рисовая лузга с размером частиц 100 ± 20 мкм, какао-векла с размером частиц 150 ± 10 мкм, свекловичный жом с размером частиц 150 ± 10 мкм.

В композиции на основе отходов АПК были введены дополнительные добавки на основе комплекса марганца в количестве 1% (добавка А) и бентонит в количестве 2% (добавка Б). Композиции предварительно смешивали в смесителе барабанного типа.

Для получения материалов с антимикробными свойствами использовали суперконцентрат на основе серебряного порошка (НЧС) марки XFNANO XFJ14 Jiangsu XFNANO Materials Tech Co., Ltd. (чистота 99,9%, размер 60...80 нм, диаметр 80...90 нм) и воска полиэтиленового марки ПВ-300 ЗАО "НПК Ермакхим".

Образцы полимерных композиционных материалов были получены в лаборатории композитных материалов ФГБОУ ВО "МГУПП" на лабораторном экструдере с ультразвуковой обработкой расплава полимеров. Температурный интервал переработки ПКМ на основе отходов АПК составлял от 100 до 140°C по зонам экструдера, для ПКМ на основе НЧС от 115 до 170°C.

Пленочные материалы на основе ПЭ и НЧС получали толщиной 60 мкм, а ПЭ с отходами АПК 100 и 150 мкм. Количество НЧС в ПЭ – 0,5%, отходов АПК в ПЭ – 30%.

Получение пленочных материалов осуществлялось при частоте ультразвуковой обработки расплавов ПКМ 22,4...23 кГц. В качестве контрольных образцов использовали ПКМ, полученные без ультразвуковой обработки.

В работе использовали стандартные методы исследований:

- оценку реологических свойств образцов полимерных материалов проводили с использованием метода капиллярной вискозиметрии по ГОСТ 11645–86 "Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава полимеров";

- определение физико-механических свойств ПКМ проводили в соответствии с ГОСТ 11262–80 "Пластмассы. Метод испытания на растяжение";

- исследования фунгицидных свойств выбранных антимикробных препаратов, содержащих наночастицы серебра, проводили диско-диффузионным методом по отношению к штамму плесневого гриба *Penicillium commune* (P. commune);

- на сохранность скоропортящихся пищевых продуктов, упакованных в исследуемые ПКМ. Для этого были выбраны следующие продукты питания, особенно подверженные микробиологической порче: батон нарезной; капуста китайская свежая; огурцы среднеплодные свежие; сыр полутвердый "Эдам". Наблюдения проводили на герметично упакованных образцах, исключая дополнительное внешнее обсеменение патогенной микрофлорой. В ходе испытания по внешним признакам оценивали качество выбранных продуктов питания в исследуемых упаков-

ках, сравнивая с изменениями внешнего вида продуктов, упакованных в контрольные образцы пленок. Образцы с упакованными пищевыми продуктами хранили в бумажных пакетах при комнатной температуре ($T=20^{\circ}\text{C}$);

- органолептические исследования проводили в соответствии с ГОСТ 5667–65 "Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий (с Изменениями №1, 2, 3)", ГОСТ 34323–2017 "Капуста китайская и капуста пекинская свежие. Технические условия", ГОСТ 1726–85 "Огурцы свежие. Технические условия", ГОСТ 26809.2–2014 "Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 2. Масло из коровьего молока, спреды, сыры и сырные продукты, плавленые сыры и плавленые сырные продукты";

- определение изменения массы при контакте с дистиллированной водой проводили по ГОСТ 4650–2014 "Пластмассы. Методы определения водопоглощения";

- для оценки динамики биоразложения ПКМ применяли метод компостирования. Образцы помещали в специальные лотки с биогумусом (ТУ 0391-11158096–2002) при температуре $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ и влажности $60\pm 5\%$. Степень биоразложения ПКМ определяли по изменению физико-механических свойств в процессе компостирования;

- для оценки распределения наполнителя в полимере использовали метод оптической микроскопии с применением поляризационного микроскопа Полам Р-312 с увеличением в 250 раз.

Результаты и их обсуждения. На первом этапе работы исследовали влияние ультразвука на свойства полимерных композиций, содержащих природные наполнители для создания ПКМ с ускоренным сроком биоразложения.

В табл. 1 представлены значения физико-механических свойств полиэтиленовых композиций, содержащих природный наполнитель, полученных с ультразвуковой (УЗ) обработкой и без нее.

Таблица 1

Наименование наполнителя	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа		Относительное удлинение при разрыве, %	
	с ультразвуковой обработкой	без ультразвука	с ультразвуковой обработкой	без ультразвука
Свекловичный жом, добавки А и Б	8±1	5±1	22±3	8±1
Рисовая лузга, добавки А и Б	7±1	4,5±1	26±5	13±2
Какаоветла, добавки А и Б	7±1	4±1	27±5	11±1
Свекловичный жом	8±1	6±1	22±3	15±1
Рисовая лузга	7±1	6±1	26±5	13±2
Какаоветла	7±1	4±1	27±5	11±1

Примечание. Состав ПКМ с добавками: ПЭ (67%), отходы АПК (30%), добавка на основе комплекса марганца, добавка А (1%), добавка Б, бентонит (2%). ПКМ без добавок: ПЭ (70%), отходы АПК (30%).

Введение добавок на основе комплекса марганца и бентонита мало влияет на физико-механические свойства ПКМ. Заметный эффект оказывает ультразвуковое воздействие в процессе получения ПКМ.

Сравнение физико-механических свойств композиции, полученных с УЗ и без него, позволило установить, что ультразвуковая обработка расплавов ПКМ приводит к увеличению показателя относительного удлинения при разрыве по сравнению с контрольными образцами примерно в 1,5...2 раза. Это объясняется с тем, что ультразвуковая обработка расплава ПКМ в процессе экструзии осуществляет более равномерное распределение наполнителя в полимере и уменьшает агломерацию наполнителя, что доказано ме-

тодом оптической микроскопии при изучении поверхности образцов. При исследовании водопоглощения ПКМ, полученных с УЗ обработкой и без обработки, установлено, что добавка на основе марганца (добавка А) мало влияет на показатель водопоглощения образцов. Большое влияние оказывает УЗ обработка. Так, например, водопоглощение ПКМ на основе какаоветлы, полученных с УЗ обработкой составляет 22...24%, а без УЗ – 15...17%.

В табл. 2 приведены результаты исследования полиэтиленовых композиций методом компостирования (изменение относительного удлинения при разрыве ($\Delta\epsilon_p$) композиций после компостирования).

Таблица 2

Наименование наполнителя в ПКМ / обработка УЗ	Изменение относительного удлинения при разрыве после компостирования в течение $\Delta\epsilon_p$, %		
	1 месяц	4 месяца	6 месяцев
Свекловичный жом, добавки А и Б / УЗ	50±5	75±10	89±10
Свекловичный жом, добавки А и Б / без обработки (контроль)	20±4	35±5	48±5
Рисовая лузга, добавки А и Б / УЗ	47±5	85±10	92±10
Рисовая лузга, добавки А и Б / без обработки (контроль)	25±10	58±5	67±5
Какаоветла, добавки А и Б / УЗ	57±5	80±8	88±8
Какаоветла, добавки А и Б / без обработки (контроль)	20±4	62±6	75±6

Примечание. Состав ПКМ: ПЭ (67%), отходы АПК (30%), добавка на основе комплекса марганца (1%), бентонит (2%).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что УЗ обработка расплавов ПКМ позволяет получать материалы с ускоренным сроком разложения. Определено, что

максимальное изменение деформационно-прочностных свойств ПКМ после компостирования наблюдается в первые 4 месяца у образцов, полученных при УЗ обработке

расплава. Добавка на основе комплекса марганца (добавка А) в составе ПКМ мало влияет на скорость процесса биоразложения образцов в первые 4 месяца испытаний. Однако в дальнейший период исследований хорошо заметна потеря деформационно-прочностных свойств ПКМ.

На следующем этапе работы были исследованы ПКМ на основе наночастиц серебра (НЧС) с концентрацией 0,5%, 1,0% с УЗ обработкой и без УЗ. В табл. 3 представлены физико-химические свойства ПКМ на основе ПЭ и НЧС.

Т а б л и ц а 3

Состав композиции			Показатели испытаний ПКМ (среднее значение)			
Обработка	ПЭ, %	НЧС, %	ПТР, г/10 мин	разрушающее напряжение, МПа	относительное удлинение при разрыве, %	сроки хранения
Без УЗ	100	0	2	35	146	3
	99,2	0,5	2,3	22	190	4
	98,4	1,0	2,6	22	338	4
УЗ	100	0	2,9	40	165	3
	99,2	0,5	3,1	28	235	7
	98,4	1,0	3,1	25	169	9

В результате исследований установлено, что введение НЧС в ПЭ приводит к уменьшению разрушающего напряжения и одновременно к увеличению относительного удлинения при разрыве.

В работе определяли срок хранения пищевой продукции в пленках на основе ПКМ с НЧС. Образцы пленки герметизировали вместе с продуктами на сварной машине фирмы HANA, Semi Auto Impulse Sealer. Со временем фиксировалось изменение внешнего вида продукта и развитие микроорганизмов визуально.

Исследования показали, что пленки, содержащие наночастицы серебра, полученные при воздействии УЗ, увеличивают срок хранения в 2 раза (на 4...5 суток). Таким образом, введение наночастиц серебра приводит к увеличению сроков хранения продуктов питания.

В ходе эксперимента продукт, упакованный в пленку на основе ПЭ без наночастиц серебра, полученный без УЗ, на четвертый день хранения имел микробильную порчу. Продукт, упакованный в полиэтиленовую пленку с наночастицами серебра, полученную с ультразвуковой обработкой, только на седьмой день хранения имел микробильную порчу. Таким образом, введение наночастиц серебра приводит к существенному увеличению сроков хранения продуктов питания.

В Ы В О Д Ы

На основании проведенных исследований полимеров и ПКМ можно сделать следующие выводы.

Установлено, что ультразвуковая обработка расплавов ПКМ приводит к увеличению показателя относительного удлинения при разрыве композиций по сравнению с контрольными образцами примерно в 1,5...2 раза, что связано с тем, что в процессе экструзии с ультразвуковой обработкой расплава ПКМ осуществляется более равномерное распределение наполнителя в полимере.

Добавка на основе комплекса марганца (добавка А) в составе ПКМ с отходами АПК влияет на скорость процесса биоразложения образцов только после 4 месяцев компостирования.

Исследование по визуальной оценке пищевых продуктов в процессе хранения в пленочных материалах позволило установить, что в ПКМ на основе НЧС, полученных с УЗ обработкой расплавов, наблюдается подавление процесса микробильной порчи пищевых продуктов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ананьев В.В., Губанова М.И., Кириш И.А., Семенов Г.В. Модификация полиэтилена, иницированная ультразвуком // Пластические массы. – 2008, №6. С. 7...8.

2. Кириш И.А., Чалых И.Т. Ультразвуковая обработка расплавов полимеров различной химической природы // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2015, №3. С. 65...69.

3. Кириш И.А., Чалых И.Т., Ананьев В.В., Заиков Г.Е. Исследование влияния ультразвука на реологические свойства полимеров различной химической природы для создания нового способа повторной переработки полимерных композиций // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2015. Т. 18, вып. 4. С.182...186.

4. Кириш И.А., Чалых Т.И., Ананьев В.В., Согреина Д.А., Помогова Д.А. Изучение влияния ультразвуковой обработки на реологические свойства полимеров при их многократной переработке // Пластические массы. – 2014, №11-12. С. 45...48.

5. Кириш И.А., Чалых Т.И., Чалых А.Е., Алиев А.Д., Матвеев В.В. Структурно-морфологические изменения композиций на основе полиэтилена и полиамида при воздействии ультразвука на расплавы полимерных смесей // Пластические массы. – 2016, №1-2. С. 45...49.

6. Кириш И.А., Чалых Т.И., Чалых А.Е., Алиев А.Д., Помогова Д.А. Влияние ультразвука на термомеханические свойства полимеров различной химической природы и смесей из несовместимых полимеров // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2015. Т. 18, вып. 17. С. 126...130.

7. Кириш И.А., Филинская Ю.А., Помогова Д.А. Изучение влияния ультразвуковой обработки на свойства смесей полиолефинов // Сб. мат. I Междунар. молодежной науч.-практ. конф.: Научные исследования и разработки молодых ученых. – 2014. С. 113...116.

2. Kirsh I.A., Chalykh I.T. Ul'trazvukovaya obrabotka rasplavov polimerov razlichnoy khimicheskoy prirody // Izv. vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. – 2015, №3. S. 65...69.

3. Kirsh I.A., Chalykh I.T., Anan'ev V.V., Zaikov G.E. Issledovanie vliyaniya ul'trazvuka na reologicheskie svoystva polimerov razlichnoy khimicheskoy prirody dlya sozdaniya novogo sposoba povtorno pererabotki polimernykh kompozitsiy // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2015. T. 18, vyp. 4. S. 182...186.

4. Kirsh I.A., Chalykh T.I., Anan'ev V.V., Sogrina D.A., Pomogova D.A. Izuchenie vliyaniya ul'trazvukovoy obrabotki na reologicheskie svoystva polimerov pri ikh mnogokratnoy pererabotke // Plasticheskie massy. – 2014, №11-12. S. 45...48.

5. Kirsh I.A., Chalykh T.I., Chalykh A.E., Aliev A.D., Matveev V.V. Strukturno-morfologicheskie izmeneniya kompozitsiy na osnove polietilena i poliamida pri vozdeystvii ul'trazvuka na rasplavy polimernykh smesey // Plasticheskie massy. – 2016, №1-2. S. 45...49.

6. Kirsh I.A., Chalykh T.I., Chalykh A.E., Aliev A.D., Pomogova D.A. Vliyanie ul'trazvuka na termomekhanicheskie svoystva polimerov razlichnoy khimicheskoy prirody i smesey iz nesovmestimykh polimerov // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2015. T. 18, vyp. 17. S. 126...130.

7. Kirsh I.A., Filinskaya Yu.A., Pomogova D.A. Izuchenie vliyaniya ul'trazvukovoy obrabotki na svoystva smesey poliiolefinov // Sb. mat. I Mezhdunar. molodezhnoy nauch.-prakt. konf.: Nauchnye issledovaniya i razrabotki molodykh uchennykh. – 2014. S.113...116.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами. Поступила 16.04.19.

REFERENCES

1. Anan'ev V.V., Gubanova M.I., Kirsh I.A., Semenov G.V. Modifikatsiya polietilena, initsirovannaya ul'trazvukom // Plasticheskie massy. – 2008, №6. S.7...8.

УДК 677.01

**СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ВОРСА
КОРОТКОВОРСОВЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**THE METHOD OF DETERMINING THE STRENGTH
OF FIXING OF A SHORT-PILE TEXTILE MATERIALS**

Т.М. ИВАНЦОВА

T.M. IVANTSOVA

(Омский государственный технический университет,
Омский институт дизайна и технологий)

(Omsk State Technical University,
Omsk Institute of Design and Technologies)

E-mail: ivancova-tm@mail.ru

Предложен способ определения прочности закрепления ворса коротковорсовых текстильных материалов. Приведено описание способа и представлены результаты экспериментальных исследований прочности закрепления ворса для коротковорсовых материалов различного назначения.

The proposed method of determining the strength of fixing of the pile of the textile material with a short pile. The description of the method and results of experimental researches of the strength of fixing of the pile for textile materials for various purposes.

Ключевые слова: ворс, коротковорсовые текстильные материалы, прочность закрепления ворса, способ определения.

Keywords: pile, textile materials with short pile, the strength of fixing of the pile, the method of determination.

Текстильные материалы с ворсовой поверхностью широко используются для изготовления изделий различного назначения. Разнообразие ворсовой поверхности и свойств материалов позволяет применять их при производстве одежды, головных уборов, мебели, ковровых покрытий и др.

Ассортимент используемых текстильных ворсовых материалов достаточно разнообразен: это материалы различного способа про-

изводства, волокнистого состава и длины ворса, а также отличающиеся по художественно-колористическому оформлению и состоянию поверхности.

Наиболее известными материалами тканого способа производства являются вельвет, бархат, плюш. К нетканым полотнам, имеющим ворс, относятся тканепрошивные (тафтинговые) и электрофлокированные материалы (флок), широко применяемые для обив-

ки мягкой мебели. Часть материалов с ворсовой поверхностью (шенилл) получают за счет применения в процессе производства ворсовой нити.

По длине ворса материалы с ворсовой поверхностью можно условно разделить на две группы:

- длинноворсовые, с длиной ворса более 3 мм (искусственный мех и напольные покрытия);

- коротковорсовые материалы, где длина ворса менее 3 мм (бархат, вельвет, флок и др.)

Наличие направленного ворса придает особые эстетические свойства материалам (блеск, разнооттеночность и др.), которые необходимо учитывать при изготовлении и эксплуатации изделий. Даже незначительное изменение ворсовой поверхности и потеря ворса в процессе эксплуатации значительно ухудшают внешний вид и уменьшают срок эксплуатации изделия.

Сохранение ворсовой поверхности в процессе эксплуатации зависит от степени закрепления ворса в структуре материала. В результате механических воздействий на поверхности ворсовых материалов, имеющих недостаточную прочность закрепления ворса, образуются дефекты, устранение которых вызывает сложности или практически невозможно. В частности, к неустраняемым дефектам текстильных ворсовых материалов, ухудшающих внешний вид изделий, относится осыпание ворса с поверхности материала.

С подобными дефектами коротковорсовых материалов после эксплуатации швейных изделий и мягкой мебели потребители неоднократно обращались в Испытательную лабораторию продукции текстильной и легкой промышленности Омского государственного института сервиса.

Существующая нормативная база оценки качества продукции текстильной и легкой промышленности не всегда отражает реальные потребности. Например, инструментально определить прочность закрепления ворса коротковорсовых материалов по существующим стандартным методам не представляется возможным, поэтому разработка новых и усовершенствование дейст-

вующих методов оценки является актуальной задачей [1].

Известны стандартные методы определения прочности закрепления ворса для ограниченного ассортимента ворсовых материалов: для искусственного тканого меха и ворсовых тканей – по ГОСТ 3815–93 [2] и для текстильных напольных покрытий – по ГОСТ 14217–87 [3]. При проведении испытаний пучок ворса или петлю располагают в зажимном устройстве или на крючке разрывной машины и производят растяжение проб. Прочность закрепления ворса оценивают по показателю нагрузки, необходимой для полного выдергивания ворсовых пучков или петель из грунта.

По описанным выше стандартным методам можно испытывать материалы, условно отнесенные к длинноворсовым, так как длина ворса позволяет зажать пучок в зажим.

Для материалов с коротким ворсом (менее 3 мм), например бархата и вельвета, этот метод не применяют, так как зажатие ворса в зажим практически невозможно.

В ходе работы был предложен способ по определению прочности закрепления ворса коротковорсовых материалов с длиной ворса менее 3 мм. Суть предлагаемого метода существенно отличается от имеющихся и заключается в определении площади участка с удаленным ворсом и расчете коэффициента прочности закрепления ворса.

При разработке способа на начальном этапе было выбрано оптимальное приспособление для удаления (отрыва) ворса от поверхности. Опробованы материалы, содержащие на поверхности крючки и клей: лента "велкро" и несколько вариантов материалов с клеевой поверхностью. Анализ результатов исследования позволил сделать вывод о том, что для коротковорсовых материалов следует использовать полоски со сплошным клеевым покрытием, так как применяемое клеевое вещество хорошо проникает в структуру ворса и закрепляется внутри него.

Разработанный способ определения прочности закрепления ворса складывается из нескольких этапов.

1). Для проведения испытаний готовят пробы испытуемого материала прямоугольной формы, выкроенные по направлению ворса, и пробы из материала с клеевой поверхностью таким же размером.

2). Пробы испытуемого материала размещают поверх проб, имеющих клеевую поверхность, и прикладывают груз в течение определенного времени. Затем производят расслоение материалов против направления ворса. Испытание проводят в климатических условиях по ГОСТ 10681–75.

3). После расслоения производят фотографирование проб текстильных материалов, анализ и обработку фотографий при помощи специальной компьютерной программы. Инструментом "Выделить объект" выделяют область всей пробы, затем область участка без ворса и отображают в "Журнал измерений".

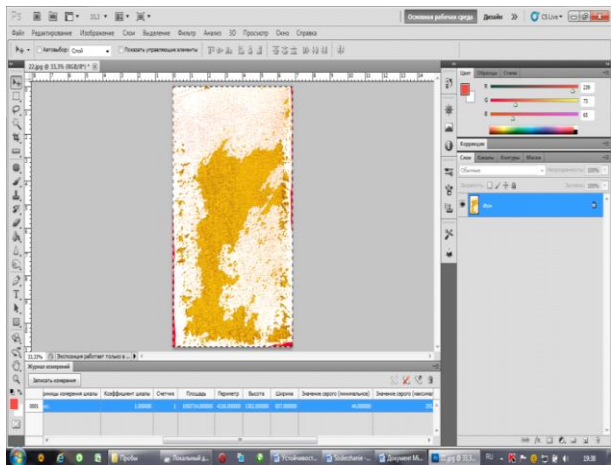


Рис. 1

Рассчитывают общую площадь пробы и площадь криволинейного участка с удален-

ным ворсом при помощи редактора графической программы, которая оценивает площадь в пикселях (рис. 1 – обработка фотографии пробы после испытания при помощи редактора графической программы).

4). Прочность закрепления ворса рассчитывают по формуле:

$$K_n = \frac{S_{\text{деф}}}{S_o},$$

где K_n – коэффициент, характеризующий степень закрепления ворса в структуре материала; $S_{\text{деф}}$ – площадь участка без ворса, пикс; S_o – площадь всей пробы, пикс.

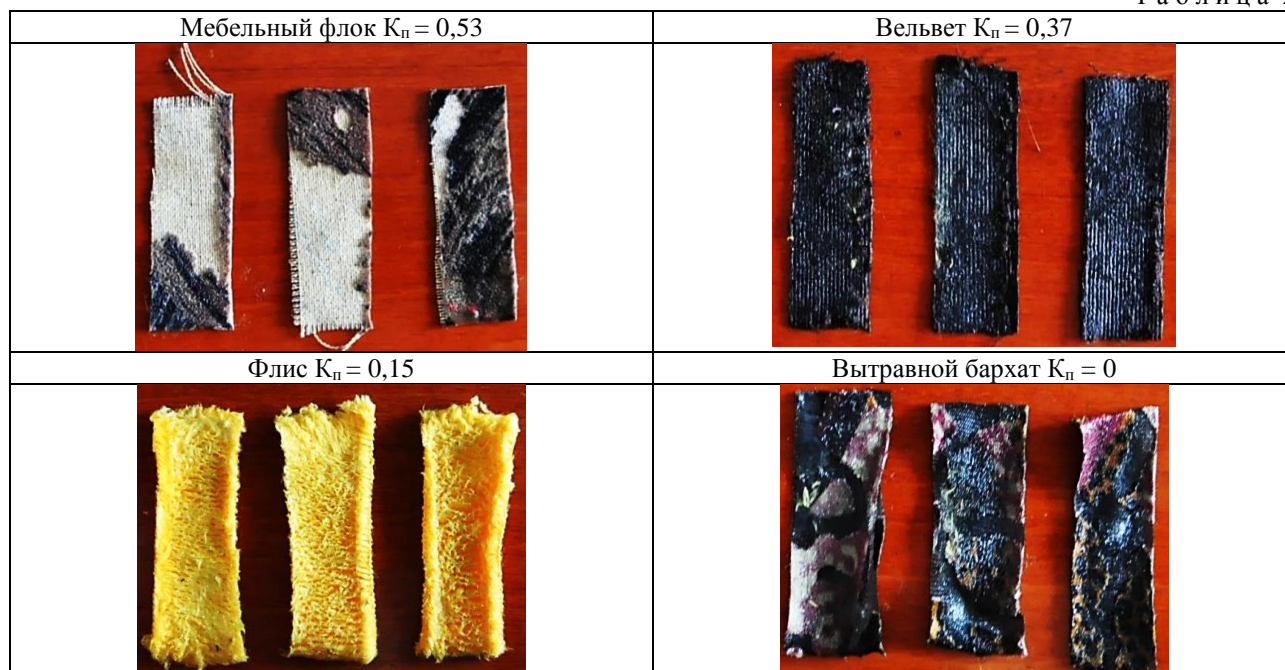
Площадь криволинейных поверхностей определяется программой в пикселях, что минимизирует вероятность ошибки при расчете.

Степень закрепления ворса коротковорсовых текстильных материалов предложено оценивать по коэффициенту K_n и разделить на 3 группы: хорошая, если K_n менее 0,15; удовлетворительная, если K_n составляет 0,15...0,25; неудовлетворительная, если K_n более 0,25.

Для апробации предложенного способа были выбраны и исследованы коротковорсовые материалы различного способа производства, волокнистого состава и назначения с высотой ворса до 3 мм, для которых по существующим стандартным методам прочность закрепления ворса оценить невозможно. Было исследовано 8 полотен. В табл. 1 приведена характеристика наиболее распространенных материалов, которые были выбраны в качестве объектов исследования.

Т а б л и ц а 1

Наименование материала	Вид текстильного материала	Волокнистый состав			Высота ворса, мм	Поверхностная плотность, г/м ²
		ворса	грунта			
			вдоль	поперек		
Мебельный флок	Нетканый электрофлокированный	ВЛс	Прх/б	Прх/б	2,0	234
Вельвет	Ткань ворсового переплетения	ВХ	Прх/б	Прх/б	1,0	220
Флис	Трикотажное полотно кулирное	ВПэф	НПэф		3,0	290
Вытравной бархат	Ткань ворсового переплетения	ВПэф	НПэф	НПэф	1,5	187



Результаты исследования и внешний вид проб после испытания представлены в табл. 2.

Из полученных результатов следует, что неудовлетворительную степень закрепления ворса имеют электрофлокированный материал и вельвет, K_n которых равен 0,53 и 0,37 соответственно. У мебельного флока виден значительный отрыв ворсового покрытия от грунта. На поверхности вельвета наблюдается изменение внешнего вида – образуются отдельно вытянутые пучки ворса. У флиса изменение ворсовой поверхности незначительное – ворс отрывается малыми пучками на отдельных участках. Вытравной бархат имеет хорошую прочность закрепления ворса – в ходе испытания данный материал не изменил своего внешнего вида, отрыва ворса не произошло.

Проведенные исследования показали возможность использования предложенного способа оценки прочности закрепления ворса коротковорсовых материалов. Предложенный способ нагляден, прост в использовании, не требует специального оборудования и больших временных затрат. Способ может использоваться при оценке других поверхностных дефектов материалов (например, устойчивости к затяжкам и др.) и его можно рассматривать как экспресс-метод оценки показателей качества поверхности текстильных материалов.

ВЫВОДЫ

1. Предложен способ оценки прочности закрепления ворса коротковорсовых материалов, который существенно отличается от стандартных. Суть метода заключается в определении площади участка с удаленным ворсом и расчете коэффициента прочности закрепления ворса. Способ нагляден, прост в использовании, не требует специального оборудования и больших временных затрат.

2. Проведены экспериментальные исследования, которые показали возможность использования предложенного способа для исследования прочности закрепления ворса для коротковорсовых материалов и сравнительной оценки полученных результатов.

3. Разработанный способ может использоваться при оценке других поверхностных дефектов материалов, а также его можно рассматривать как экспресс-метод оценки показателей качества поверхности текстильных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванцова Т.М., Янушкевич Я.О., Кузнецова А.В., Рубцова К.В. Разработка и совершенствование методов исследования свойств непродовольственных товаров различного назначения // Мат. научн.-практ. конф.: Тенденции и перспективы развития легкой

промышленности и сферы услуг. V Международ-
ный фестиваль искусства и дизайна. – Омск: ОГИС,
2013. С. 46.

2. ГОСТ 3815–93. Материалы ворсовые. Методы
определения прочности закрепления ворса. – Введ.
1995-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 4с.

3. ГОСТ 14217–87. Материалы текстильные. Пок-
рытия напольные. Метод определения прочности закре-
пления ворса. – Введ. 1988-06-30. – М.: Изд-во стан-
дартов, 1987. – 4с.

REFERENCES

1. Ivantsova T.M., Yanushkevich Ya.O., Kuznetsova
A.V., Rubtsova K.V. Razrabotka i sovershenstvovanie

metodov issledovaniya svoystv neprodovol'stvennykh
tovarov razlichnogo naznacheniya // Mat. nauchn.-
prakt. konf.: Tendentsii i perspektivy razvitiya legkoy
promyshlennosti i sfery uslug. V Mezhdunarodnyy festi-
val' iskusstva i dizayna. – Омск: ОГИС, 2013. S. 46.

2. GOST 3815–93. Materialy vorsovye. Metody op-
redeleniya prochnosti zakrepleniya vorsa. – Vved.
1995-01-01. – М.: Izd-vo standartov, 1994. – 4s.

3. GOST 14217–87. Materialy tekstil'nye. Pokry-
tiya napol'nye. Metod opredeleniya prochnosti zakrep-
leniya vorsa. – Vved. 1988-06-30. – М.: Izd-vo standar-
tov, 1987. – 4s.

Рекомендована кафедрой товароведения и экс-
пертизы качества ОГТУ. Поступила 02.10.17.

УДК 677.076.444; 678.01.12

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПАКЕТА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПОДУШЕК ИЗ КОМПОЗИТНЫХ НЕТКАНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

RESEARCH OF CONDITIONS OF FORMATION PACKAGE AND ENSURE THE SAFETY OF THE PILLOWS FROM COMPOSITE NONWOVEN FIBERS MATERIALS

*Л.Н. НУТФУЛЛАЕВА, А.Ф. ПЛЕХАНОВ, И.Г. ШИН, С.Ш. ТАШПУЛАТОВ,
И.В. ЧЕРУНОВА, Ш.Н. НУТФУЛЛАЕВА, Е.А. БОГОМОЛОВ*

*L.N. NUTFULLAEVA, A.F. PLEKHANOV, I.G. SHIN, S.SH. TASHPULATOV,
I.V. CHERUNOVA, SH.N. NUTFULLAEVA, E.A. BOGOMOLOV*

**(Бухарский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан,
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
Донского государственного технического университета, Российская Федерация)**

**(Bukhara Engineering and Technology Institute, Republic of Uzbekistan,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,
Institute of Service and Businesses (branch) of Don State Technical University, Russian Federation)
E-mail: vovahelp@mail.ru**

*В статье рассмотрены вопросы использования композитных нетканых
волоконистых материалов, отвечающих современным требованиям про-
мышленного производства, их разновидности, состав, свойства, способы по-
лучения композитных нетканых волоконистых материалов, эффективность
их использования в производственных условиях, в том числе применение в
рабочих органах (подушках) оборудования для влажно-тепловой обработки
деталей швейных изделий. Также приведены сведения о способах и механиз-
мах формирования пакета рабочих органов (подушек) оборудования для
влажно-тепловой обработки швейных изделий при применении композит-
ных нетканых волоконистых материалов.*

The article deals with the use of composite materials that meet modern requirements of industrial production, its varieties, composition, their properties, methods for producing composite nonwoven fibers materials, the effectiveness of their use in production conditions, including the use of working bodies (pillows) equipment for wet-heat treatment of parts of garments. Also provides information about the methods and mechanisms of formation of a package of working bodies (pillows) equipment for wet-heat treatment of garments in the application of composite nonwoven fibers materials.

Ключевые слова: композитный нетканый волокнистый материал, механизм формирования пакета, подушка прессы, пакет многослойного композитного нетканого волокнистого материала, квазиизотропность материала, усилия, изотропное свойство, прочность деталей машин, нормальные и касательные напряжения, равномерная прочность, одинаковая сопротивляемость, упругая деформация, форма подушки.

Keywords: composite material, the mechanism of formation of the package, the pillow press, the package is a multilayered composite nonwoven fibers material, qualifications material, effort, isotropic property, the strength of machine parts, normal and shear stresses, uniform strength, equal resistance, elastic deformation, the shape of the pillow.

При модернизации технологии изготовления швейных изделий необходимо обеспечить экономию электроэнергии, сырьевых ресурсов, их вторичное использование, сокращение трудоемкости изготовления изделий, решение задач, направленных на расширение ассортимента выпускаемой продукции и улучшение ее качества на оборудовании, где детали и узлы изготовлены из новых полимерных композитных нетканых волокнистых материалов.

Разработка узлов или деталей оборудования из композитного нетканого волокнистого материала связана не только с его применением при формообразовании и влажно-тепловой обработке швейных изделий, но и с формированием его структуры и физико-механических характеристик, выполняемых на стадии проектирования композитных нетканых волокнистых материалов. Таким образом, разработка деталей оборудования, например, подушки прессового оборудования для влажно-тепловой обработки из композитных нетканых волокнистых материалов является перспективным и наглядным примером воплощения триединства – материала, конструкции и технологии, поскольку в процессах проектирования и изготовления текстильных изделий

легкой промышленности предусматривается обеспечение основных свойств композитного нетканого волокнистого материала. Наибольшая эффективность использования композитных нетканых волокнистых материалов достигается при решении задач уменьшения металлоемкости, энергоемкости, повышения характеристик прочности, долговечности и надежности (удельной прочности), снижения веса и стоимости конструкций, повышения технологической производительности в сочетании с гибкостью и универсальностью. Например, использование композитов в производстве самолетов растет. Если при производстве самолетов Военг 747 в 1969 г. из композитов был сделан лишь 1% деталей, то в самолете Военг 787 доля деталей из композитов составляет более 50%. Применение композитов позволяет создавать более совершенные аэродинамические конструкции и снижать вес самолета, что приводит к экономии 4...6% топлива [1]. Такие же примеры можно привести в автомобилестроении, домостроении, в жилищно-коммунальном хозяйстве и т.д.

Из анализа [3] следует, что наиболее эффективным и перспективным способом формирования пакета оболочки поверхности

является способ, основанный на деформировании сетчатой структуры волокон.

В исследованиях [1], [6] показано, что форма, приданная деталям за счет деформирования сетчатой структуры волокон, недостаточно устойчива и нуждается в дополнительном закреплении. Закрепление объемной поверхности осуществляют в основном при помощи кромок и дополнительных прокладок. Кромка и дополнительные прокладки не обеспечивают фиксирования требуемой поверхности и препятствуют процессу формования пакета. Такой же механизм можно использовать и для формирования рационального пакета подушки прессового оборудования для влажно-тепловой обработки из композитных материалов.

При анализе структуры деформированных участков ткани [2], состоящих из основной ткани и расположенной под некоторым углом клеевой прокладки, отмечено, что прямоугольная ячейка сетчатой структуры одной системы, пересекаясь с нитями другой системы, делится на малоподвижные треугольники, ограничивающие подвижность крепления пакетов текстильных изделий и одежды (рис. 1).

На рис. 1 представлена элементарная ячейка двухслойного пакета.

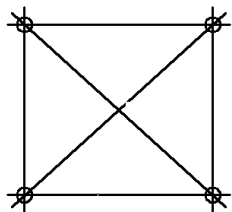


Рис. 1

Из сказанного следует, что сформированная система внутренних связей пакета приобретает высокую формоустойчивость и малую подвижность структуры текстильных изделий. Учитывая это и формируя таким образом пакет для любых изделий легкой промышленности, состоящих из текстильных волокон, можно достигать оптимальных свойств (для перевода из анизотропного в изотропное состояние), необходимых для бесперебойного функционирования изделий из композитных нетканых волокнистых материалов. Это позволяет рас-

смотреть возможности изготовления подушек прессового оборудования для влажно-тепловой обработки из данных материалов.

Актуальным направлением в улучшении качества швейных изделий является совершенствование процесса и оборудования для влажно-тепловой обработки (ВТО). Важность ВТО предопределяется необходимостью ее использования на различных этапах технологического процесса изготовления швейных изделий (предварительное придание некоторым деталям или участкам деталей пространственной формы, межоперационная ВТО деталей и узлов, окончательная отделка и т.д.), что обеспечивает легкость выполнения последующих операций и в целом влияет на качество швейных изделий. Возможность применения ВТО для изготовления изделий швейного производства методом формования [3], исключая многооперационные переходы и связанные с ними затраты ресурсов, предъявляет ряд важных требований к конструкции рабочих органов – подушек, изготавливаемых на прессовом оборудовании. В первую очередь это связано с тем, что все расходы по проектированию, изготовлению и эксплуатации подушек непосредственно отражаются на себестоимости выпускаемой продукции, которая должна еще быть и конкурентоспособной по качественным и стоимостным показателям.

Существующие конструкции рабочих органов прессов для ВТО требуют совершенствования, так как не в полной мере обеспечивают окончательное формование изделий, в соответствии с заданной моделью, металлические и с большим весом, энергоемкие конструкции высокой стоимости. С целью устранения этих недостатков разработана технология изготовления подушек прессового оборудования, основывающаяся на создании композитного нетканого волокнистого материала из стеклоткани (армирующий элемент) и эпоксидной смолы (наполнитель).

Для изготовления подушек был использован пакет данного материала. При формировании пакета учтено, что любая ткань априори обладает анизотропными свойствами, которые в эксплуатационных усло-

виях под действием технологических усилий претерпевают неоднородные деформации в плоскости, нормальной к действующей нагрузке. Вследствие неоднородной деформации возникает напряженное состояние, отличающееся разными значениями главных нормальных напряжений δ_1 , δ_2 и δ_3 . В случае плоского напряженного состояния, когда $\delta_3=0$ (в случае пренебрежения толщиной деформируемого тела), имеем $\delta_1 \neq \delta_2$.

В случае создания пакета многослойного композиционного материала важным пред-

ставляется расположение слоев друг относительно друга под некоторым заданным фиксированным углом, то есть угол между нитями системы (слоями) примем равным: $\beta=15, 30, 45, 60, 75$ и 90° . Формируя таким образом многослойный пакет из композиционного нетканого волокнистого материала, можно будет определять зависимость прочностных показателей от ориентации слоев пакета (рис. 2 – схема вариантов расположения слоев ткани в многослойном пакете).

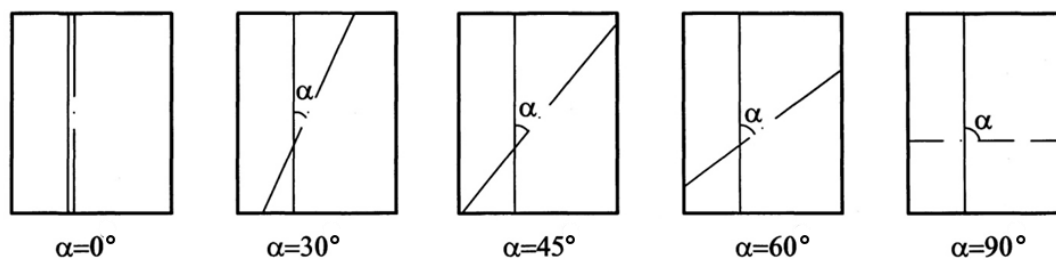


Рис. 2

дальнейший поворот слоев относительно ткани верха повторяет подобное расположение нитей, но в противоположном нап-

равлении (рис. 3 – система сетчатого многослойного пакета композиционного материала).

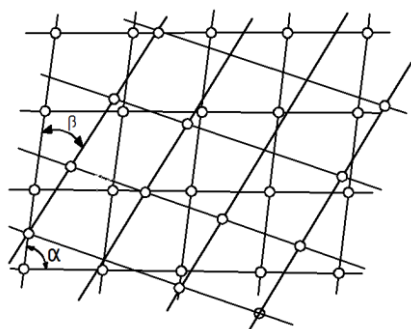


Рис. 3

Такое расположение в пакете слоев композиционного материала с направленной ориентацией волокон может создать предпосылки для обеспечения условий равного сопротивления любой точки нагруженной поверхности. Это предположение основывается на том, что в действительности в системе сетчатого многослойного пакета нити располагаются так близко друг к другу, что в любой нагруженной точке пакета имеем одинаковую картину расположения нитей тканевой основы. Поэтому локальный де-

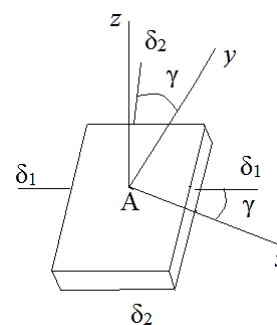


Рис. 4

формационный процесс, вызванный двухосным растяжением (рис. 4 – расположение главных площадок относительно координатных осей x , y и z) и имеющий место при прессовании деталей одежды с помощью подушек при ВТО, должен происходить с одинаковой степенью интенсивности. Это будет возможно, если поверхностный слой подушек из пакета композиционного материала будет деформироваться упруго в равной степени по всем направлениям, то есть проявляя приобретенную изотропность и,

как принято в металловедении, квазиизотропность материала.

При плоском напряженном состоянии ($\delta_3=0$), являющимся частным случаем объемного напряженного состояния, главные напряжения δ_1 и δ_2 определяются по формулам:

$$\delta_1 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2), \quad (1)$$

$$\delta_2 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_1),$$

где относительные деформации ε_1 и ε_2 соответственно будут равны:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{\delta_1}{E} - \mu \frac{\delta_2}{E}, \\ \varepsilon_2 &= \frac{\delta_2}{E} - \mu \frac{\delta_1}{E}, \\ \varepsilon_3 &= -\mu \left(\frac{\delta_1}{E} + \frac{\delta_2}{E} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Важно отметить, что упругие характеристики конструкционных материалов (E – модуль упругости, μ – коэффициент Пуансона) применимы только для изотропных тел. Упругие же свойства анизотропных тел (например, монокристаллов) характеризуются значительно большим числом постоянных – от 3 в простейшем случае до 21 в случае самого общего вида анизотропии [4].

В приложении к текстильным материалам, как показано [5], модуль упругости E нужно рассматривать как модуль относительной (к площади поперечного сечения S) жесткости:

$$E=P/(\varepsilon S),$$

где P – усилие; ε – относительная деформация материала.

Отношение P/ε обычно называют жесткостью материала. Волокна и нити часто претерпевают кратковременные и небольшие растяжения. Так, если дать волокнам и нитям малые удлинения (до 1%) и на короткое (несколько секунд) время, то деформа-

ция у большинства их видов будет почти полностью обратимой, причем в основном упругой. Определение модулей при таких условиях вполне корректно, и подобные модули часто называют начальными, так как получены при начальных условиях растяжения. Такой модуль может быть использован в расчетах зависимости между деформацией и напряжением в соответствии с законом Гука.

Придание твердым телам изотропных свойств позволяет использовать математический аппарат теории упругости и пластичности для решения важных прикладных задач по обеспечению прочности и несущей способности ответственных деталей машин.

В соответствии с расчетной схемой системы сетчатого многослойного пакета усилия в стержнях действуют под различным углом β (рис. 3), и для определения нормальных напряжений δ необходимо учесть постоянную площадь поперечного сечения нити (стержня). Данную задачу можно упростить, если рассматривать в пределах одного стержня постоянную растягивающую нагрузку P , но вызывающую различные напряжения (нормальные δ_i и касательные τ_i) в плоскости сечения, проведенного под теми же углами $\beta=15, 30, \dots, 75^\circ$ (рис. 5 – нормальные и касательные напряжения, действующие в наклонном сечении стержня). Положение наклонного сечения в стержне определяется углом β между нормалью i к нему и осью x .

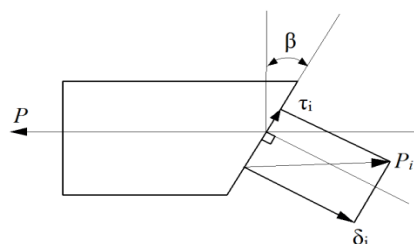


Рис. 5

Вследствие однородности напряженного состояния в стержне напряжения P_i по наклонному сечению распределены равномерно, и они параллельны оси x . Площадь наклонного сечения:

$$F_i=F/\cos\beta.$$

Из условия равновесия отмеченной части

$$\sum X = -P + p_i F / \cos \beta = 0$$

следует:

$$P_i = \frac{P}{F} \cos \beta,$$

или

$$P_i = \delta \cos \beta. \quad (3)$$

Проецируя P_i на нормаль к наклонному сечению и его плоскость, получим:

$$\delta_i = \delta \cos^2 \beta, \quad \tau_i = \frac{\delta}{2} \sin 2\beta. \quad (4)$$

Анализ зависимостей (3) показывает, что нормальные напряжения достигают наибольшего значения при $\beta=0$ (в поперечных сечениях); касательные напряжения достигают наибольшего значения при $\beta=45^\circ$, причем $\tau_{\max} = \sigma/2$; нормальные напряжения, действующие в этом сечении ($\beta=45^\circ$), равны $[\sigma]_{\beta=45^\circ} = \sigma/2$.

Для анализа напряженного состояния в точке сечения стержня, проведенного под различным углом β , целесообразно рассчитать предварительно значения $\cos^2 \beta$ и $\sin^2 \beta$, которые при единичном внешнем напряжении σ характеризуют закономерность изменения нормальных σ_i и касательных напряжений τ_i (рис. 6 – изменение нормальных δ_i (1-0) и касательных напряжений τ_i (0-0) в зависимости от расположения плоскости сечения (угла β) при действующем единичном напряжении δ).

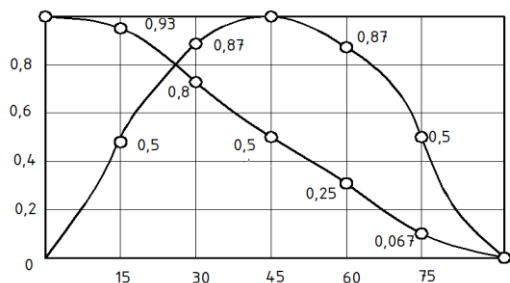


Рис. 6

Экспериментальные исследования деформаций сетчатой структуры модели ткани были проведены с помощью рельефных струн. Из них были изготовлены сетки из 12

ячеек с размерами сторон 20 мм. Для предварительной деформации ячеек сетки струны крепились между собой так, чтобы продольные струны располагались по отношению к поперечным под углом $\alpha=45^\circ$ (сетевой угол). Далее поперечные струны одной сетки скреплялись прочными нитками с поперечными струнками другой сетки под углами β , равными 15 и 30°. Таким образом, создавалось подобие композитного нетканого волокнистого материала, когда с помощью наполнителя происходит закрепление всех армирующих элементов.

Полученная модель, состоящая из двух скрепленных между собой сеток, фиксировалась между подвижными и неподвижными зажимами прибора. Модель растягивалась вдоль коротких диагоналей ячеек. При напряжении модели с сетевым углом $\beta=15^\circ$ грузом 1 кг система разрушалась. Модель с углом 30° последовательно выдерживалась при нагрузке 1, 2, 3 и 4 кг. Максимальная деформация ячеек наблюдалась при нагружении модели грузом 4 кг. Нагрузка более 5 кг вызывала разрушение системы.

Как следует из рис. 6, нормальные напряжения σ почти в два раза превосходят касательные напряжения τ . Поэтому разрушительный процесс инициируется действием нормальных напряжений, которые преимущественно вызывают хрупкое разрушение, и пластическое сдвиги материала минимальны. С увеличением угла β от 15 до 30° заметно возрастает касательное напряжение, которое является важным и ответственным за пластическое течение конструкционных нетканых волокнистых материалов, и поэтому они более интенсивно сопротивляются разрушению, вплоть до исчерпания запаса пластичности. Наиболее сильно протекают пластические деформации в плоскости под углом 45° к оси растягиваемых (сжимаемых) образцов, образуя известные линии Людерса-Чернова.

ВЫВОДЫ

Разработана модель конструкции пакета многослойного композитного материала и элементы технологии проектирования для

ВТО деталей швейных изделий, отличающаяся способом обеспечения изотропных свойств текстильных и швейных изделий. В результате достигается высокая прочность, равномерная сопротивляемость упругим деформациям и лучшее сохранение первоначальной формы текстильных подушек. В результате этого конструкция подушек из заданного композитного материала способна в значительной мере поднять эффективность прессового оборудования для ВТО через более качественное изготовление деталей одежды методом формования текстильных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нутфуллаева Л.Н., Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш. Применение композиционных материалов для изготовления рабочих органов прессового оборудования для влажно-тепловой обработки швейных изделий // Проблемы текстиля. Научно-технический журнал. – 2018, № 1. С.5...8.
2. Nutfullaeva L.N., Tashpulatov S.Sh. Efficiency wet-heat processing due to the use of composite materials // Scientific journal. European science review. – Vienna, № 1-2, 2017. P. 221...222.
3. Ташпулатов С.Ш. Разработка высокоэффективной ресурсосберегающей технологии изготовления швейных изделий: Дис... докт. техн. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 2008.
4. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела, в 3-х т. – М.: Наука, 1978. Т.1. С.230...237.
5. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
6. Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш., Нутфуллаева Л.Н., Стефанова Е.Б. Композиционные материалы в развитии тепловых и механических процессов швейного производства Научная весна – 2018 : Технические науки [Электронный ресурс]: сб. науч. тр.: науч. электрон. изд. / редкол.: С.Г. Страданченко [и

др.]; Ин-т сферы обслуж. и предпринимательства (филиал) федер. гос. бюджет. образоват. учреждения высш. образования "Донской гос. техн. ун-т" в г. Шахты Рост. обл. (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты). – Электрон. дан. (7,62 Мб). – Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2018. С. 204...211.

REFERENCES

1. Nutfullaeva L.N., Cherunova I.V., Tashpulatov S.Sh. Primenenie kompozitsionnykh materialov dlya izgotovleniya rabochikh organov pressovogo oborudovaniya dlya vlazhno-teplovoy obrabotki shveynykh izdeliy // Problemy tekstilya. Nauchno-tekhnicheskii zhurnal. – 2018, № 1. S.5...8.
2. Nutfullaeva L.N., Tashpulatov S.Sh. Efficiency wet-heat processing due to the use of composite materials // Scientific journal. European science review. – Vienna, № 1-2, 2017. P. 221...222.
3. Tashpulatov S.Sh. Razrabotka vysokoeffektivnoy resursosberegayushchey tekhnologii izgotovleniya shveynykh izdeliy: Dis...dokt.tekhn.nauk. – Tashkent: TITLP, 2008.
4. Filin A.P. Prikladnaya mekhanika tverdogo deformiruemogo tela, v 3-kh t. – M.: Nauka, 1978. T.1. S.230...237.
5. Kukin G.N., Solov'ev A.N., Koblyakov A.I. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: Legprombytizdat, 1989.
6. Cherunova I.V., Tashpulatov S.Sh., Nutfullaeva L.N., Stefanova E.B. Kompozitsionnye materialy v razvitiit teplovykh i mekhanicheskikh protsessov shvey-nogo proizvodstva Nauchnaya vesna – 2018 : Tekhnicheskieskie nayki [Elektronnyy resurs]: sb. nauch. tr.: nauch. elektron. izd. / redkol.: S.G. Stradanchenko [i dr.]; In-tsferoy obsluzh. i predprinimatel'stva (filial) feder. gos. byudzh. obrazovat. uchrezhdeniya vyssh. obrazovaniya "Donskoy gos. tekhn. un-t" v g. Shakhty Rost. obl. (ISOiP (filial) DGTU v g. Shakhty). – Elektron. dan. (7,62 Mb). – Shakhty: ISOiP (filial) DGTU v g. Shakhty, 2018. S. 204...211.

Рекомендована кафедрой текстильных технологий РГУ имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 04.04.19.

УДК 677.025

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУР
УЧАСТКОВ СВЯЗОК ЯЧЕИ
ТРИКОТАЖНЫХ СЕТЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**THE DESIGN OF STRUCTURES
OF SECTIONS OF THE BUNDLES
OF MESH KNITTED MESH MATERIALS**

Е.С. БАБКОВА, В.А. ЗАВАРУЕВ, О.П. ФОМИНА, С.И. ПИВКИНА

E.S. BABKOVA, V.A. ZAVARUEV, O.P. FOMINA, S.I. PIVKINA

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

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

E-mail: kafedra_ttp@mail.ru

Разработан метод формирования структур участков связок ячеек трикотажного основовязаного сетеполотна и сформулирован комплекс требований, позволяющий рационализировать технологию вязания трикотажных сетематериалов. Предложен метод формирования участков связок из отдельных базовых элементов структуры, который позволит обеспечить разработку всех возможных вариантов структур участков связок основовязанных сетеполотен.

In this paper, a method of forming structures of sections of bundles of cells knitted osnovjanenko of setepolotna and formulated a set of requirements allowing to rationalize the technology of crochet knitting metamaterialov. The method of forming sections of bundles from individual basic elements of the structure is proposed, which will allow the development of all possible variants of the structures of sections of the bundles of the basic network columns.

Ключевые слова: основовязанный трикотаж, филейные переплетения, связки, сетеполотно, структура ячеи.

Keywords: snowbaby knitwear, sewing weave, ligaments, mesh fabrics, the structure of the mesh.

Трикотажные основовязанные сетеполотна находят широкое применение в изделиях бытового, технического и медицинского назначения [1].

В строении ячеек основовязанных сетеполотен различают вертикальные сторонки, отличающие ячейки друг от друга по горизон-

тали (по направлению петельного ряда). Каждая вертикальная сторонка состоит из взаимосвязанных петельных столбиков и соединяется с соседними вертикальными сторонками протяжками, образуя в местах соединения участки связок.

Наряду со свойствами используемого сырья структура участков связок определяет не только размеры и форму ячеек, но и прочность сетеполотна в целом, так как ее повреждение в большинстве случаев приводит к роспуску петельной структуры соединяемых вертикальных сторонок.

Любая структура трикотажного переплетения определяется образующими ее элементами петельной структуры – их видом, размерами, пространственным расположением и взаимосвязью [2].

Таким образом, свойства основовязаных сетеполотен, определяемые структурой связок, будут зависеть от размера, пространственного расположения и количества протяжек, формирующих участки связок.

Размер протяжек (длина) основовязаного трикотажа зависит от вида основовязаного переплетения, образующегося в двух соседних петельных рядах.

Так как в структуре связок протяжки должны соединять между собой отдельные петельные столбики, то при их формировании могут быть использованы основовязанные переплетения с раппортом структуры по горизонтали больше единицы ($R_b > 1$). К таким переплетениям относятся главные основовязанные переплетения трико, атлас и их производные, а также переплетения с уточными нитями.

Пространственное расположение протяжек в структуре основовязаного трикотажа определяется направлением кладок одиночной нити в соседних петельных рядах и направлением кладок группы нитей в одном петельном ряду. Возможны следующие виды пространственного расположения протяжек.

1. Одностороннее – постоянное направление кладок одиночных нитей в соседних петельных рядах. Примером петельной структуры с таким пространственным расположением протяжек является переплетение атлас.

2. Двухстороннее – изменение направления кладок одиночных нитей в соседних

петельных рядах. Примером петельной структуры с таким пространственным расположением протяжек является переплетение трико.

3. Встречное – противоположное направление кладок двух и более нитей в одном петельном ряду. Примером петельной структуры с таким пространственным расположением протяжек являются платированные основовязанные переплетения.

Путем разработки возможных вариантов сочетания видов и пространственного расположения протяжек были определены базовые элементы (БЭ) структуры участков связок основовязаного сетеполотна. Для их описания была использована условная запись, в которой заглавная буква соответствует начальной букве названия основовязаного переплетения (Т-трико, С-сукно, Ш-шарме, А-атлас, У-уток), а графические символы (—, >, ×) описывают вид кладки нити, то есть пространственное расположение протяжек (одностороннее, двухстороннее, встречное) соответственно.

Схемы петельной структуры базовых элементов участков связок приведены в табл. 1.

Повторением таких базовых элементов как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях можно получать структуры связок любого заданного размера.

В большинстве случаев структура связок основовязаного сетеполотна формируется протяжками нитей, входящих в структуру вертикальных сторонок ячеек. Поэтому максимально возможное число отдельных нитей, формирующих связку, будет зависеть от числа нитей, входящих в структуру вертикальных соседних сторонок ячеек.

Таким образом, количество протяжек в связке основовязаного сетеполотна будет определяться числом отдельных нитей, образующих структуру связки, и видом базового элемента, формируемого каждой отдельной нитью.

Очевидно, что структура связок основовязаных сетеполотен может быть весьма разнообразна, но для обеспечения рациональной технологии вязания при формировании участков связок предпочтительно использовать минимальное количество ушковых гребенок и видов основовязаных перепле-

тений, то есть использовать один из базовых элементов участков связок.

В табл. 2 приведены варианты структур связок основовязаного сетеполотна с шириной вертикальных сторонок ячеек, равной двум петельным столбикам. Каждый из этих вариантов образован определенным видом

базового элемента структур связок при различном числе нитей, формирующих связку. В условной записи структуры связок число нитей обозначается соответствующей цифрой. Так, запись "2Тх" обозначает структуру связки, образованную из двух нитей переплетением трико при их встречной кладке.

Таблица 1

Вид кладок нитей	Основовязаное переплетение					Уточное переплетение У
	Трико Т	Сукно С	Шарме Ш	Атлас А		
Односторонняя кладка нитей —						
Двухсторонняя кладка нитей >						
Встречная кладка нитей х						

Таблица 2

Виды пространственного расположения петли	Одностороннее —		Двухстороннее >		Встречное х	
	1	≥2	1	≥2	2	4
Число нитей, образующих связку о/в	1	≥2	1	≥2	2	4
Вид переплетения						
Трико (Т)		-		-		-
Сукно (С)						
Шарме (Ш)						

Очевидно, что при формировании участка связок из нескольких отдельных систем нитей возможно одновременное образование нескольких базовых элементов в структуре одной связки.

Метод комбинаторики видов и числа базовых элементов позволяет обеспечить разработку всех возможных вариантов структур участков связок основовязанных сетеполотен. Однако выбор наиболее оптимальной структуры связок будет определяться требованиями, предъявляемыми к конкретному трикотажному сетеполотну, и условиями его эксплуатации.

ВЫВОДЫ

1. Структура участков связок определяет форму, размеры ячеек и прочность основовязанного сетеполотна в целом.

2. Структура связок основовязанного сетеполотна определяется размером, пространственным расположением и количеством протяжек нитей, формирующих участок связки.

3. На основе анализа основовязанных сетеполотен определены базовые элементы структуры связок, предложена их условная запись.

4. Предложенный метод формирования участков связок из отдельных базовых элементов структуры обеспечивает разработку

всех возможных вариантов структур участков связок основовязанных сетеполотен.

5. Разработанный комплекс структур участков связок можно использовать в качестве базы данных при разработке программы автоматизированного проектирования основовязанных сетеполотен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Пивкина С.И., Захаруев В.А. Методы проектирования и оценка основных свойств поверхностей технического назначения с ячейками различных размеров и конфигураций на базе структур трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С.139...142.
2. Шалов И.И., Кудрявин Л.А. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1991.

REFERENCES

1. Kudryavin L.A., Belyaev O.F., Pivkina S.I., Zavaruev V.A. Metody proektirovaniya i otsenka osnovnykh svoystv poverkhnostey tekhnicheskogo naznacheniya s yacheykami razlichnykh razmerov i konfiguratsiy na baze struktur trikotazha // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №2. S.139...142.
2. Shalov I.I., Kudryavin L.A. Osnovy tekhnologii trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legprombytizdat, 1991.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 03.09.18.

УДК 687.016

**ПОЛУЧЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ МУЖСКИХ ФИГУР
ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ И ЧЕРТЕЖАМ
КОНСТРУКЦИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ОДЕЖДЫ***

**RECONSTRUCTION OF MEN DIGITAL TWIN
FROM IMAGES AND PATTERN BLOCKS OF HISTORICAL COSTUME**

ШИЧАО ЧЖАН, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ

SHICHAO ZHANG, V.E. KUZMICHEV

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: 569642835@qq.com; wkd37@list.ru

Разработан алгоритм реконструкции значений размерных признаков мужских фигур, изображенных на исторических фотографиях или реалистичных рисунках систем "фигура – исторический костюм" и использованных для построения чертежей деталей одежды. Выявлены факторы, влияющие на точность вычисления размерных признаков и относящиеся к морфологическим особенностям мужских фигур, их изменению под влиянием корсета, конструкции одежды, структуре пакета материалов. С использованием технологии бодисканирования получены статистически достоверные сечения торсов типовых фигур на уровнях груди, талии и бедер, сформирована антропометрическая база данных, включающая величины изменений размерных признаков под компрессионным влиянием корсетов. Приведен пример генерирования цифрового двойника исторической мужской фигуры и виртуальной примерки мужского сюртука 1740 года.

The method of analyzing the realistic-looking system "man body-historical costume" and pattern block for reconstruction of hiding body measurements has been proposed. The factors such as features of body morphology, torso deformation by compressive corset, structure of costume, textile materials were considered from their influence on the results of body measurements calculation. By means of body-scanning technologies, the statistical adequate cross-sections on bust, waist, hip levels for male bodies wearing corset and without corset were obtained and the anthropometrical data base was completed. Digital twin of historical man body was obtained and virtual try-on of male frock coat 1740 we done.

* Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Партнерской программы Юбера Кюрьена – А.Н. Колмогорова с участием научно-исследовательских организаций и университетов Франции (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61619X0113).

Ключевые слова: размерные признаки, исторический костюм, бодиска-нер, реконструкция, цифровой двойник, виртуальная примерка.

Keywords: body measurements, historical costume, bodyscanner, reconstruction, men body, digital twin, virtual try-on.

Исторический костюм в виде сохранившихся раритетов, рисунков, фотографий и схем чертежей является неиссякаемым источником для поиска новых и адаптации проверенных временем художественных и конструкторско-технологических решений к возможностям современного дизайн-проектирования [1]. Новая форма исторического костюма появлялась как симбиоз и синергии нескольких факторов: морфология человеческих фигур – исходная или измененная под модный стандарт; конструктивное устройство костюма; особая конфигурация чертежей деталей; применяемые материалы, включая комплектность нижележащих слоев одежды; методы изготовления; манера ношения [2]. При реконструкции исторической одежды, в зависимости от целеполагания и ожидаемых результатов, используют информацию обо всех факторах или их часть. Исходная база исторических данных может включать существовавшие системы размерных признаков [3], чертежи или схемы конструкций [4], реалистичные изображения или фотографии [5].

Наиболее сложной является идентификация в перечисленных объектах значений размерных признаков фигур, которые были использованы при конструировании исторического костюма и его чертежей, поскольку окончательная объемно-силуэтная форма костюма возникает именно под влиянием конструктивных прибавок к использованному размерным признакам. Как правило, антропометрическая информация отсутствует, а без знания размерных признаков довольно сложно выполнять аналитическую реконструкцию и адаптацию костюма к фигурам современных потребителей.

По степени возрастания антропометрической ценности исторические источники образуют следующий ряд: рисованное реалистичное изображение – фотография – схема чертежа конструкции деталей [6].

После анализа рисунка или фотографии количества вычисляемых размерных признаков может быть недостаточно для полной реконструкции фигуры, а максимальный объем информации может быть получен после параллельного анализа чертежей деталей.

Для виртуальной визуализации исторических костюмов и построения аватаров исторических фигур нельзя использовать современные твердотельные цифровые двойники (ЦД) реальных фигур. ЦД исторической фигуры должен быть мягкотельным, поскольку в разные исторические периоды мужчины прибегали к корректировке пластики своего торса с помощью корсетов. К настоящему времени нет научно обоснованных принципов генерирования мягкотельных аватаров, но благодаря компьютерным технологиям проблема их формирования может быть решена на новом уровне [7...9].

Целью настоящей работы явилась отработка алгоритма построения аватаров в виде мягкотельных цифровых двойников исторических фигур.

Алгоритм получения ЦД исторической фигуры на основе графоаналитического и художественно-конструктивного анализа чертежей конструкций и изображений исторической одежды показан на рис. 1.

Из приведенного алгоритма следует, что воссоздание ЦД требует дополнительных баз данных, объединяющих исторические и современные сведения. Для реализации алгоритма мы использовали бодисканер для изучения пластики фигур и 3D-программные продукты для построения и модификации аватаров. Алгоритм на рис. 1 раскрывает последовательность формирования ЦД исторической фигуры с использованием исходной информации, изучения особенностей деформации фигур с помощью бодисканирования и интегрирования полученных результатов в программную среду для выполнения виртуальной примерки.

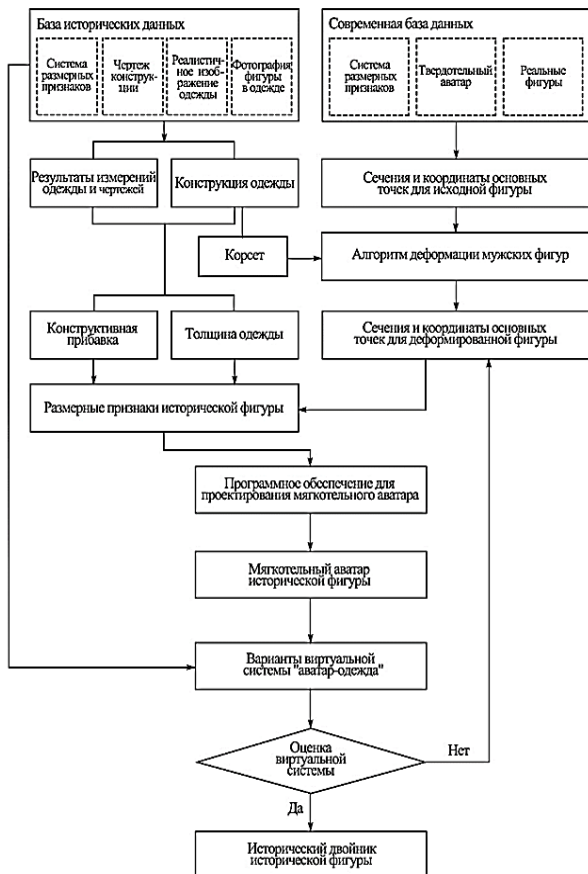


Рис. 1

Исторические руководства по конструированию одежды содержат рекомендации по измерению размерных признаков по поверхности одетой фигуры, а не по обнаженному телу [10]. Поэтому результат измерения включает размерный признак, толщину нижележащей одежды, а в случае ношения корсета – его толщину, причем исходный размерный признак мог быть увеличенным или уменьшенным под влиянием компрессии и смещения мягких тканей. В общем виде значение истинного размерного признака РП, который был использован для построения чертежа, может быть записано в виде:

- при отсутствии корсета

$$РП = Ич - П_{ТМ} \pm П_i, \quad (1)$$

где Ич – результат измерения чертежа одежды выбранного исторического периода, см; П_{ТМ} – прибавка на толщину пакета нижележащих слоев одежды (корсета, белья), см; П_i – конструктивная прибавка к i-му размерному признаку, см;

- при использовании корсета

$$РП = Ич - 1,57 \cdot Т_m \pm \Delta РП \pm П_i, \quad (2)$$

где Т_м – толщина пакета материалов, см; ΔРП – изменение обхвата груди, талии или бедер под влиянием компрессионного действия корсета, см.

Таким образом, чтобы по чертежу стана определить значение РП, необходимо знать значения четырех составляющих.

Вторая составляющая – толщина пакетов материалов Т_м – нами была рассчитана на основании сведений из опубликованных источников о структуре пакета, формируемого нижней сорочкой, верхней сорочкой, жилетом, подштанниками и брюками и толщинах используемых материалов [11]. Она была равна, см: на уровне груди 0,5, талии 1,1, бедер 0,6.

Третью составляющую – изменение размерных признаков ΔРП – вычисляли по результатам бодисканирования. Для исследования мы выбрали фигуры современных китайских и российских мужчин, маркируемых согласно действующему китайскому стандарту [12] по разности между обхватами груди и талии как типы Y (разность 17...22 см), A (разность 12...16 см), B (разность 7...11 см). Эти группы являются аналогами российских полнотных групп. Для исследования компрессионного влияния корсета на пластику мужских фигур мы измерили 48 молодых людей (средний полный возраст 22 года) с помощью бодисканера Human Solutions (Германия). По согласию субъектов мы сканировали их дважды в основной антропометрической позе – без корсета и в корсете до максимального утягивания области талии, которое определяли по субъективным ощущениям каждого носчика. Корсет был изготовлен из нерастяжимого материала и имел толщину 0,32 см.

На рис. 2 (совмещенные абрисы мужской фигуры, сканированной без корсета (1) и в корсете (2): а – вид спереди, б – вид сбоку с указанием проекционных измерений, необходимых для правильной постановки ЦД в пространстве) в качестве примера влияния корсета на пластику показаны совме-

щенные абрисы сканированной фигуры типа Y/187,4-104,6-85,2, ориентированные относительно вертикальной плоскости, парал-

лельной осевой линии через центр тяжести, на расстояниях 1, 2, 3 соответственно на уровнях груди, талии и бедер.

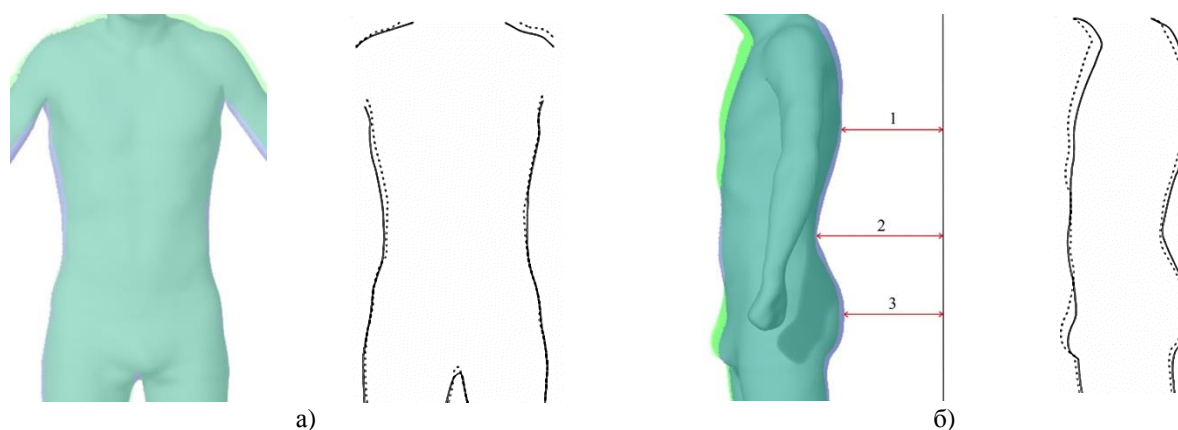


Рис. 2

Из рис. 2 видно, что под влиянием корсета происходит перемещение мягких тканей из области талии вверх и вниз, что приводит к изменению осанки, диаметров и профильного контура.

Четвертую составляющую – величину Π_4 – можно вычислить по методике кафедры КШИ ИВГПУ [6].

Таким образом, все составляющие, входящие в (1) или (2), могут быть измерены или определены экспериментально.

Особую сложность представляет алгоритм модификации исходных типовых фигур, имеющихся в библиотеке современных САПР, в аватар исторической фигуры. Для постановки ЦД типового аватара в пространстве необходимо знать координаты точек, расположенных в средней сагиттальной плоскости, и изменения положения корпуса Π_k , поперечных $d_{\text{поп}}$ и переднезадних $d_{\text{пз}}$ диаметров под влиянием корсета и положения

центра тяжести аватара. Чтобы определить координаты таких точек для типовых фигур, мы получали сечения для каждой сканированной фигуры в программе Rhinoceros, совмещали их в едином центре тяжести, а затем строили усредненные горизонтальные сечения [13]. На рис. 3 (схема усреднения горизонтальных сечений для типовой мужской фигуры Y/180 (рост) -92 ($O_{Г3}$) -84 (O_T) -95,4 (O_6) на уровне груди (а), талии (б) и бедер (в)) показаны множества совмещенных сечений на трех антропометрических уровнях, схема нахождения координат точек на пересечении лучей из центра тяжести фигуры и полученные на их основе средние обхваты для типовой фигуры. Координаты точек и величины случайных погрешностей ε определяли для доверительной вероятности 95% для объема выборки $n = 35$ фигур.

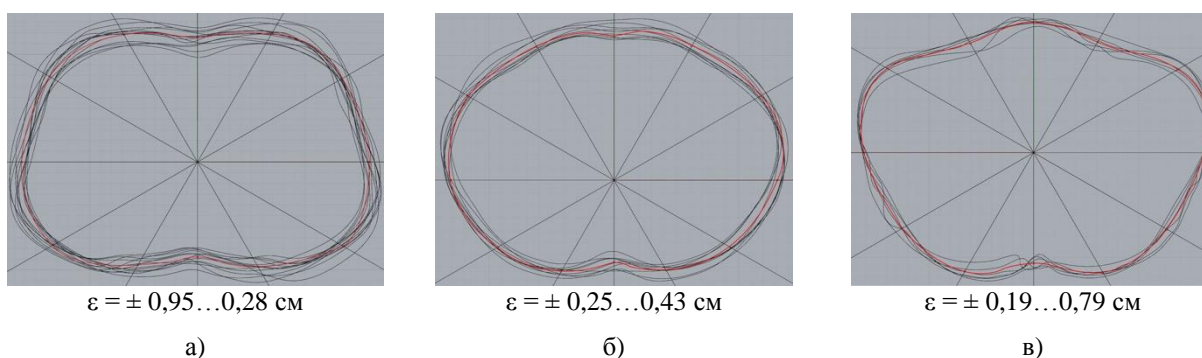


Рис. 3

Мы измеряли ΔРП для обхватов, поперечных и переднезадних диаметров на этих же уровнях и положения корпуса П_к под влиянием корсета. Результаты измерений представлены в табл. 1 (изменение обхватов муж-

ских фигур под влиянием корсета) и табл. 2 (изменение поперечных и переднезадних диаметров мужских фигур и положения корпуса под влиянием корсета).

Т а б л и ц а 1

№	Тип фигуры	Изменение размерного признака под влиянием корсета ΔРП (в числителе) и межразмерный интервал по стандарту [12] (в знаменателе), см					
		O _{г3}	значимость влияния	O _т	значимость влияния	O _б	значимость влияния
1	У	1,76 / 2	-	-1,26 / 1	+	2,65 / 0,8	+
2	А	2,33 / 2	+	-2,36 / 1	+	1,24 / 0,8	+
3	В	3,20 / 2	+	-1,13 / 1	+	0,86 / 0,7	+

Т а б л и ц а 2

Тип фигуры	Изменение диаметров ΔРП под влиянием корсета, см (в числителе – без корсета, в знаменателе – с корсетом)													
	Уровень груди O _{г3} = 92				Уровень талии O _т = 84				Уровень бедер O _б = 95,4				Положение корпуса П _к	
	d _{пол.г}		Δ		d _{пол.т}		Δ		d _{пол.б}		Δ		П _к	Δ
	d _{пол.г}	Δ	d _{пол.г}	Δ	d _{пол.т}	Δ	d _{пол.т}	Δ	d _{пол.б}	Δ	d _{пол.б}	Δ	П _к	Δ
У	<u>35,8</u>	-	<u>25,4</u>	+	<u>29,4</u>	-	<u>21,9</u>	-	<u>35,0</u>	+	<u>24,7</u>	+	<u>8,3</u>	-0,68
	36,3		25,5		29,0		22,3		35,2		25,0		7,6	
А	<u>35,0</u>	+	<u>24,6</u>	-	<u>30,4</u>	-	<u>22,9</u>	-	<u>36,0</u>	+	<u>25,4</u>	+	<u>8,4</u>	-0,62
	35,7		25,4		29,8		22,8		36,1		26,1		7,8	
В	<u>30,3</u>	+	<u>22,8</u>	+	<u>28,3</u>	-	<u>20,8</u>	-	<u>35,0</u>	+	<u>25,1</u>	+	<u>8,7</u>	-0,25
	31,7		23,8		28,6		22,5		34,7		25,6		8,5	

Из табл. 1 видно, что изменение размерных признаков под влиянием корсета в восьми случаях из девяти превышает значения межразмерных интервалов, что, безусловно, является важным для проектирования ЦД мягкотельных аватаров. Под влиянием корсета изменяются все диаметры (табл. 2) в сторону увеличения или уменьшения, причем для области талии характерно уменьшение диаметров. Зная изменения диаметров, можно произвести совмещение исходного и измененного контуров для деформации и корректировки твердотельного аватара, как показано на рис. 2-б.

Таким образом, сформированная антропометрическая база данных мужских фигур, включающая величины изменения обхватов под влиянием корсета, форму их сечений и координаты точек спинного контура, достаточна для построения ЦД и его трансформации в мягкотельный ЦД в программе CLO 4.1.

В качестве примера, иллюстрирующего возможности описанного алгоритма, рассмотрим схему получения ЦД историчес-

кой фигуры на основе анализа источников визуальной информации на рис. 4 (источники информации для вычисления размерных признаков мужской фигуры [14]: а – full-skirted coat 1740 г., б – схема чертежа).

По фотографии и чертежам был определен основной модуль, равный расстоянию между локтевой точкой свободно опущенной руки и линией притачивания юбки 5,52 см. Относительно него был определен возможный интервал ростов мужской фигуры 175...190 см.

Детали стана на рис. 4-б были ориентированы друг относительно друга таким образом, чтобы получить непрерывную линию проймы и обеспечить параллельность нитей основы на полочке, отрезных бочках и спинке [6]. После анализа чертежей конструкций с учетом толщины пакета ниже лежащих материалов Т_м и деформации фигуры корсетом (табл. 1 и 2) был определен возможный антропометрический код исторической фигуры с использованием размерных признаков и пропорциональных соотношений для современных типовых фигур

[12], [15], [16] в виде комбинации следующих размерных признаков, см: рост 175...190;

обхват груди – 94,4...96,9; обхват талии – 72,3...76,3; обхват бедер – 89,2...89,7.

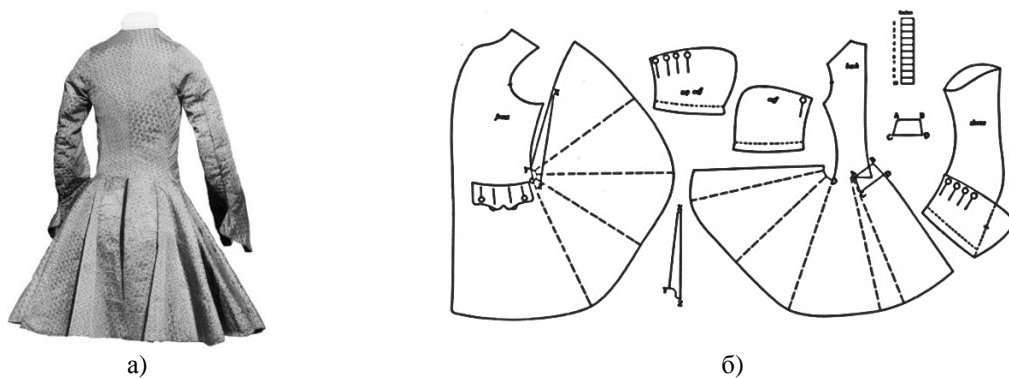


Рис. 4

По совокупности вычисленных и дополнительных размерных признаков (длина спины до талии, высота проймы сзади и их разности) методом последовательного приближения было сгенерировано несколько вир-

туальных систем, показанных на рис. 5 (варианты виртуальных систем с ЦД мужской фигуры с разным ростом, см: а – 175, б – 182, в – 190).

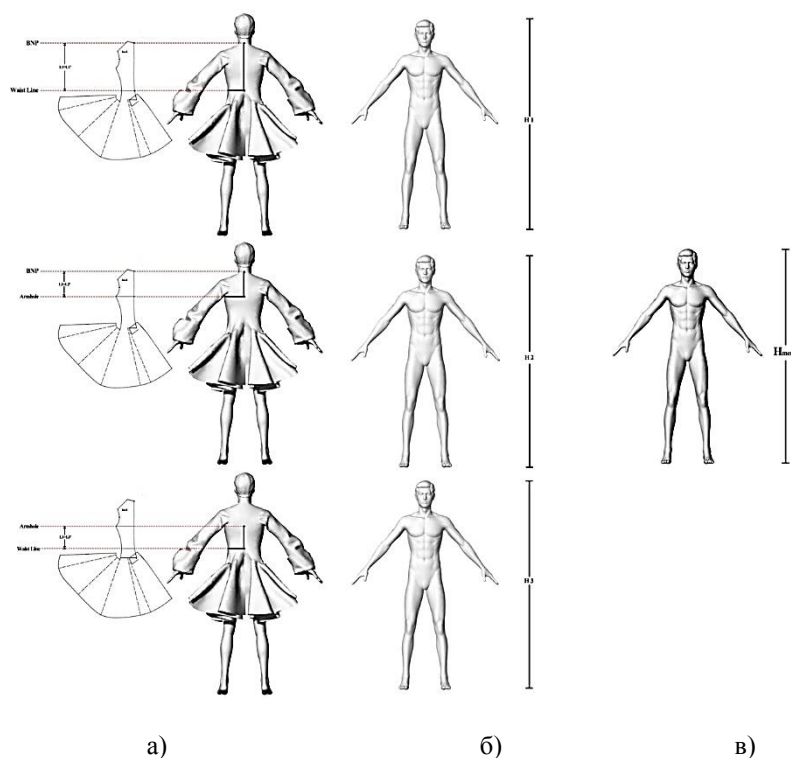


Рис. 5

Виртуальную примерку и изменение размерных признаков аватара корсетной формы проводили до тех пор, пока не было достигнуто контрольное расстояние между локтевой точкой и линией талии. Наилучшим ва-

риантом была признана виртуальная система (рис. 5-в), в которой ЦД имел размерные признаки, см: рост 181,5; обхват груди 95,5; обхват талии 74,3; обхват бедер 89,5.

ВЫВОДЫ

1. Разработан алгоритм идентификации и вычисления значений размерных признаков мужских фигур, изображенных на исторических фотографиях и использованных для построения чертежей деталей. Исследованы факторы, влияющие на алгоритм вычисления размерных признаков, запроектированных в чертежах конструкций.

2. С использованием технологии бодисканирования сформирована антропометрическая база данных для преобразования твердотельных аватаров в мягкотельные цифровые манекены. База данных включает сечения груди, талии и бедер, их диаметров, величины изменений положения корпуса для типовых фигур под компрессионным влиянием корсетов.

3. Проведена реконструкция ЦД исторической фигуры на примере фотографии мужского пальто отрезного по линии талии и его чертежам, относящимся к 1740 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин А.Ю. Проектирование мужской одежды на основе ретроспективного системного анализа конструктивных решений: Дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 2015.

2. Васильев А. Европейская мода. Три века. – М.: СЛОВО/SLOVO, 2006.

3. Sizing in clothing. Developing effective sizing systems for ready-to-wear clothing. Edited by S.P. Ashdown. - Cambridge, England, Woodhead Publishing Textiles, 2008.

4. Свидетельство о гос. регистрации базы данных РФ № 2014620287 База данных кроя мужской одежды 19 века / А. Ю. Москвин; заявитель и правообладатель СПГУТД. – Заявл. № 2013621712 от 17.12.13; опубл. 20.03.14, официальный бюллетень "Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем". – № 3(89), 2014.

5. Васильев А. Русская мода: 150 лет в фотографиях. - М.: СЛОВО/SLOVO, 2012.

6. Кузьмичев В.Е., Ахмедулова Н.И., Юдина Л.П. Основы теории системного проектирования костюма / Под науч. ред. В. Е. Кузьмичева. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во Юрайт, 2018.

7. Kuzmichev V., Moskvina A., Surzhenko E., Moskvina M. // Computer reconstruction of 19th century trousers // International Journal of Clothing Science and Technology. – V. 29, 4, 2017. P.594...606.

8. Kuzmichev V., Moskvina A., Moskvina M., Pryor J. Research on 3D reconstruction of Late Victorian riding skirts // AUTECH Research Journal. – V.18, № 3, 2017.

9. Kuzmichev V., Moskvina A., Moskvina M. Virtual Reconstruction of Historical Men's Suit // AUTECH Research Journal. – 2018.

10. Полный академический курс кройки мужского платья Первого Вспомогательного Общества С.-Петербургских Закройщиков. Координатная система. Руководство для преподавания при Академических курсах кройки Общества и для самообучения, выработана Наблюдательным Комитетом. Ч.1. – СПб.: Тип. Т-ва Р. Голике и А. Вильборг, 1906.

11. Красавец-мужчина. Русский модник середины - начала века / Авт.-сост. Н.М. Виноградова. – М.: Исторический музей, 2017.

12. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China 2008 National Standards of People's Republic of China: Standard sizing systems for garments-Men (China: Standards Press of China) 1-36.

13. Кузьмичев В.Е. Бодисканеры и одежда: новые технологии проектирования одежды. – Саарбрюкен, LAMBERT Academic Publishing (Германия), 2012.

14. Waugh N. The cut of men's clothes 1600-1900. – New York: Theatre Art Books, 1964. P. 52...150.

15. ГОСТ Р 52774–2007. Классификация типовых фигур мужчин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды.

16. ОСТ 17-325–86. Изделия швейные, трикотажные, меховые. Фигуры мужчин типовые. Размерные признаки для проектирования одежды. – М.; ЦНИИТЭИлегпром, 1987.

REFERENCES

1. Moskvina A.Yu. Proektirovanie muzhskoy odezhdy na osnove retrospektivnogo sistemnogo analiza konstruktivnykh resheniy: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – SPb, 2015.

2. Vasil'ev A. Evropeyskaya moda. Tri veka. – M.: SLOVO/SLOVO, 2006.

3. Sizing in clothing. Developing effective sizing systems for ready-to-wear clothing. Edited by S.P. Ashdown. - Cambridge, England, Woodhead Publishing Textiles, 2008.

4. Svidetel'stvo o gos. registratsii bazy dannykh RF № 2014620287 Baza dannykh kroya muzhskoy odezhdy 19 veka / A. Yu. Moskvina; zayavitel' i pravoobladatel' SPGUTD. – Zayavl. № 2013621712 ot 17.12.13; opubl. 20.03.14, ofitsial'nyy byulleten' "Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem". – № 3(89), 2014.

5. Vasil'ev A. Russkaya moda: 150 let v fotografiyakh. - M.: SLOVO/SLOVO, 2012.

6. Kuz'michev V.E., Akhmedulova N.I., Yudina L.P. Osnovy teorii sistemnogo proektirovaniya kostyuma / Pod nauch. red. V. E. Kuz'micheva. – 3-e izd., ispr. i dop. – M. : Izd-vo Yurayt, 2018.

7. Kuzmichev V., Moskvina A., Surzhenko E., Moskvina M. // Computer reconstruction of 19th century trousers // International Journal of Clothing Science and Technology. – V. 29, 4, 2017. P.594...606.

8. Kuzmichev V., Moskvina A., Moskvina M., Pryor J. Research on 3D reconstruction of Late Victorian riding skirts // AUTEX Research Journal. – V.18, № 3, 2017.

9. Kuzmichev V., Moskvina A., Moskvina M. Virtual Reconstruction of Historical Men's Suit // AUTEX Research Journal. – 2018.

10. Polnyy akademicheskii kurs kroyki muzhskogo plat'ya Pervogo Vspomogatel'nogo Obshchestva S.-Peterburgskikh Zakroyshchikov. Koordinatnaya sistema. Rukovodstvo dlya prepodavaniya pri Akademicheskikh kursakh kroyki Obshchestva i dlya samoobucheniya, vyrabotana Nablyudatel'nym Komitetom. Ch. 1. – SPb.: Tip. T-va R. Golike i A. Vil'borg, 1906.

11. Krasavets-muzhchina. Russkiy modnik serediny - nachala veka / Avt.-sost. N.M. Vinogradova. – M.: Istoricheskiy muzey, 2017.

12. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China 2008 National Standards of People's Republic of

China: Standard sizing systems for garments-Men (China: Standards Press of China) 1-36.

13. Kuz'michev V.E. Bodiskanery i odezhda: novye tekhnologii proektirovaniya odezhdy. – Saarbryuken, LAMBERT Academic Publishing (Germaniya), 2012.

14. Waugh N. The cut of men's clothes 1600-1900. – New York: Theatre Art Books, 1964. P. 52...150.

15. GOST R 52774–2007. Klassifikatsiya tipovykh figur muzhchin po rostam, razmeram i polnotnym grup-pam dlya proektirovaniya odezhdy.

16. OST 17-325–86. Izdeliya shveynye, trikota-zhnye, mekhovye. Figury muzhchin tipovye. Razmer-nye priznaki dlya proektirovaniya odezhdy. – M.; TsNIITEIlegprom, 1987.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 24.12.18.

УДК 687.1

КАСТОМИЗИРОВАННАЯ КОРРЕКЦИЯ ТИПОВОГО ВИРТУАЛЬНОГО МАНЕКЕНА ОБОЛОЧКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

CUSTOMIZED CORRECTION OF A VIRTUAL HUMAN DUMMY BY SHELL OF VARIABLE THICKNESS

M.A. GUSEVA, E.G. ANDREEVA, V.S. BELGORODSKIY, I.A. PETROSOVA, V.V. GETMANTSEVA

M.A. GUSEVA, E.G. ANDREEVA, V.S. BELGORODSKI, I.A. PETROSOVA, V.V. GETMANTSEVA

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

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

E-mail: guseva_marina67@mail.ru

Уровень технических возможностей современных САПР позволяет проектировать базовые и модельные 3D-конструкции швейных изделий относительно виртуальных аналогов типовых и индивидуальных фигур, полученных различными способами генерации. В статье представлен способ формирования 3D-слоя переменной толщины для корректировки виртуального манекена по параметрам индивидуальных фигур в автоматизированном режиме в системах, не оснащенных модулем бесконтактного обмера. Предложенный способ коррекции типового виртуального манекена фигуры человека способствует внедрению массовой кастомизации в швейной промышленности и повышению эффективности онлайн-продаж одежды для потребителей.

The level of technical capabilities of modern CAD allows to design basic and model 3D-designs of garments with respect to virtual analogues of standard and individual figures obtained by various methods of generation. The article presents a

method of forming a 3D-layer of variable thickness to adjust the virtual human dummy on the parameters of individual figures in an automated mode in systems not equipped with a non-contact measurement module. The proposed method of correction of a virtual model of a dummy of a human figure contributes to the implementation of mass customization in the apparel industry and improving the effectiveness of online sales of clothing to consumers.

Ключевые слова: виртуальный манекен, 3D-проектирование одежды, массовая кастомизация, антропометрические особенности фигуры.

Keywords: virtual dummy, 3D-design of clothes, mass customization, anthropometric features of the figure.

Массовая кастомизация в швейной промышленности.

В мировой швейной промышленности внедрение высоких технологий обеспечивает конкурентное преимущество. Покупки одежды перемещаются из физической среды в виртуальную область, поэтому перспективной стратегией привлечения и сохранения клиентов стала "массовая кастомизация", под которой понимают предложение производителя создать индивидуальную версию модели одежды в соответствии с размерными характеристиками каждого потребителя [1]. Массовая кастомизация в швейной промышленности базируется на оцифровке тела человека, интеграции этих данных в САПР одежды [2] и последующей автоматизированной корректировки базового комплекта лекал изделия в соответствии с особенностями фигуры по индивидуальным размерным признакам [3].

Типичной проблемой является подгонка мужской деловой одежды по фигуре в розничных магазинах, что свидетельствует о высоком уровне неудовлетворенности готовой одеждой [4]. Более 70% потребителей предпочли бы приобрести выбранную модель мужского костюма, изготовленного по индивидуальным меркам в массовом производстве [5]. Перспективному развитию массовой кастомизации способствует функциональное использование искусственного интеллекта в швейной промышленности на этапах проектирования; производства; продажи; управления цепочками поставок [6]. Однако, хотя массовая кастомизация одежды снижает риск невостребованности про-

изводимой продукции, не все компании готовы перейти к новому методу работы, требующему сбора данных о клиентах и преобразования этой информации в процессе проектирования [7].

Виртуальное продвижение швейной продукции.

Развитие трехмерных (3D) технологий измерения тела и САПР одежды превратило систему индивидуальных заказов одежды по меркам в жизнеспособный маркетинговый инструмент розничной торговли [2], [8]. Интернет стал перспективным каналом для продаж одежды, позволяя просматривать модели в 2D- или 3D-форматах, комбинировать предметы и различные цвета, визуализировать и примерять выбранные изделия на виртуальном манекене с параметрами, соответствующими размерам покупателя, а также заказывать одежду по индивидуальным меркам [9...11].

Персонализированное виртуальное представление одежды базируется на: 1) САПР одежды на типовую или индивидуальную фигуру; и 2) системе подбора готовых изделий, в наибольшей степени соответствующих фигуре конкретного потребителя. "Умные" системы по виртуальному продвижению одежды учитывают не только изображение тела клиента, но и профиль пользователя, его предпочтения, цели покупки, что влияет как на повышение удовлетворенности клиентов, так и на рост продаж [12].

Однако на практике у потребителей возникают сложности с субъективным восприятием размера и формы своего тела [13], что часто ведет к некорректному представ-

лению размерных признаков [14]. Несоответствие между посадкой изделия на фигуре потребителя и изображениями в интернет-магазинах негативно влияет на намерение совершать дальнейшие покупки [15]. Проблемой онлайн-торговли стал высокий процент возвратов продукции и недовольство многих клиентов опытом покупок одежды в Интернете [10]. С другой стороны, на результативность онлайн-торговли одеждой положительно влияет возможность интерактивного изменения внешнего вида изделий с учетом индивидуальных особенностей фигуры, что стимулирует процесс покупки, снижает восприятие риска приобретения одежды в Интернете и формирует лояльность потребителей к торговым маркам [16].

Персонализированное проектирование одежды.

Клиента, приобретающего товар в Интернете, можно рассматривать как ценного партнера швейных предприятий в области проектирования продукции [17]. Трехмерное виртуальное отображение одежды позволяет потребителю управлять различными атрибутами модели и оформить заказ для персонализированного моделирования и конструирования изделия [18]. Существующие 3D-технологии проектирования и виртуальной примерки одежды позволяют потребителям участвовать в процессе разработки индивидуальных моделей одежды [19...21]. Когда потребители выступают в роли содизайнеров, то показывают: какая именно одежда ими ценится и востребована [22], [17]. Интеграция потребителя в процесс креативного проектирования одежды на виртуальной фигуре направлена на удовлетворение его потребности к выбору и к эксклюзивности, делает более привлекательным созданный цифровой продукт и обеспечивает устойчивое конкурентное преимущество в розничной торговле [23].

Типовые процедуры виртуального моделирования базируются на пропорциональных расчетных формулах, типовых размерных признаках и значениях прибавок на свободное облегание, поэтому уделяют недостаточное внимание особенностям формы индивидуальных фигур [24]. Для массовой кастомизации одежды 3D-САПР требуют до-

полнительного аппарата разработки моделей одежды по индивидуальным меркам [25]. Использование технологии 3D-сканирования тела человека как инструмента в проектировании и производстве одежды развито недостаточно для того, чтобы из объема данных 3D-сканирования извлекать те измерения, которые необходимы производителю моделей одежды [26].

Виртуальная примерка и виртуальные модели фигуры человека.

Технология виртуальной 3D-примерки одежды позволяет потребителям достоверно оценивать разницу в размерах виртуальных фигур и изделий [27] и то, как будет выглядеть одежда на цифровом двойнике клиента [23], а производителю – определить, какие корректировки следует внести в конструкцию одежды, чтобы обеспечить оптимальную посадку на фигуре [12].

Достоверность виртуальных примерок на фигурах различного телосложения пока низка по сравнению с реальной примеркой одежды потребителями [28]. Для решения этой проблемы необходимо создавать виртуальные аналоги фигур покупателей и одежды, позволяющие эффективно выполнять интерактивные операции по выбору различных деталей или подгонки изделия по фигуре потребителя [10].

Развитие систем 3D-сканирования, интегрируемых с существующими САПР одежды, позволяет получить всеобъемлющие и достоверные измерения тела человека в оцифрованном виде [29], [23], [22], [30]. Оцифрованную фигуру импортируют в программную среду САПР одежды [31]. Для изготовления одежды по индивидуальному заказу в условиях промышленного производства используют различные методы 3D-развертки всего тела как традиционные антропометрические характеристики, так и 3D-сканирование всего тела, параметрическое моделирование фигур, 3D-триангуляционное генерирование поверхности [32], [33]. Методы оцифровки человеческого тела становятся все более разнообразными [34], но не все из них пригодны для коммерческой эксплуатации в индустрии моды [35].

Универсальный виртуальный манекен представляет собой усредненную типовую

фигуру [36]. Для улучшения качества посадки одежды на фигуре при проектировании увеличивают количество базовых виртуальных манекенов в соответствии с основными группами формы тела [37]. Персональный виртуальный манекен учитывает не только размеры, но и форму тела каждого человека [31]. Цифровизация фигур потребителей поддерживает онлайн-покупательскую активность и минимизирует риск возврата одежды из-за некорректной информации о размерах [14].

Постановка задачи. Встраивание в производственный цикл швейных предприятий и систему онлайн-продаж модулей трехмерного сканирования, предоставляющих достаточный объем информации об антропометрических особенностях потребителей, экономически недоступен многим производителям, с небольшими объемами выпуска продукции. Кроме того, не всегда возможна интеграция системы 3D-сканирования с программным обеспечением модуля 3D-конструирования САПР одежды, используемым на предприятии.

Для решения данной проблемы необходимо разработать доступный способ корректировки трехмерного виртуального манекена на основе размерных характеристик потребителя, позволяющий производителю получить от клиента необходимый и достаточный объем информации в онлайн-режиме.

Разработка метода коррекции типового виртуального манекена. В основе процесса автоматизированного проектирования одежды лежат различные методики конструирования, определяющие как получение плоских разверток деталей изделия, так и виртуальное представление его пространственного образа в трехмерной среде. Современные виртуальные манекены в конструкторских программах – это трехмерные аватары со сглаженными контурами фигур, тщательной прорисовкой черт лица и пластики конечностей – рук, ног, пальцев. Между тем, для качества процесса проектирования одежды важна именно детальная визуализация сложного рельефа поверхности тела в статике, выявление отклонений в рельефе поверхности индивидуальной фигуры от типовой фор-

мы, а не мимика и маневренность перемещения аватара по виртуальному подиуму.

Нормативные значения размерных признаков фигур не обеспечивают достаточной информации для формирования визуального представления трехмерной формы тела. Пространственная конфигурация фигуры человека индивидуальна и зависит от осанки, телосложения, пропорций, наличия и локализации жировых отложений и т.д. Предлагаемый способ корректировки основан на плоскостном и пространственном совмещении контуров типовой и индивидуальной фигур. Информация, запрашиваемая от клиента, проста в исполнении, легка в обработке. Способ корректировки дает достоверные результаты и наглядную визуализацию особенностей телосложения индивидуальной фигуры [38...40].

На первом этапе от клиента запрашиваются фотографии, желательно на фоне масштабной сетки, для формирования контуров (абриса) индивидуальной фигуры. При этом достаточно частичных изображений фигуры от подбородка до стоп. Съемка при одинаковых условиях (расстояние от камеры до объекта, расстояние от камеры до пола и т.д.) облегчает процесс корректировки.







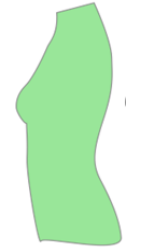
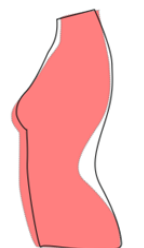
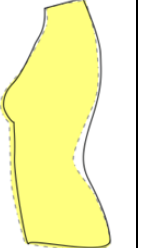
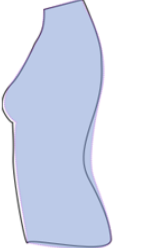
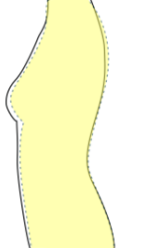

На абрис индивидуальной фигуры накладывается контурное изображение типовой фигуры (табл. 1 – анализ формы спинного контура женских фигур по некоторым видам осанки), предварительно отмасштабированной под рост клиента. Операция масштабирования необходима, поскольку, согласно действующей размерной типологии РФ, интервалы безразличия по размерным признакам категории "высоты" наибольшие по величине.

Совмещение абрисов типовой и индивидуальной фигур (табл. 2 – этапы корректировки типового манекена по индивидуальным параметрам на примере фигуры с кифотической осанкой и избыточным поясничным лордозом) позволяет получить информацию о соотношении проекционных размерных признаков исследуемых фигур для проектирования корректирующей оболочки типового 3D-манекена по основным сечениям. Виртуальный типовой манекен подбирают из базы системы, учитывая резуль-

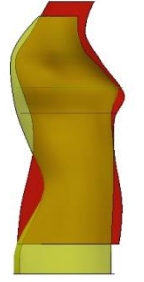
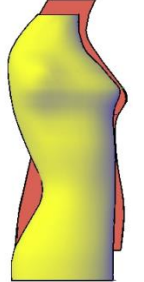
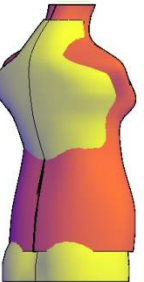
таты совмещения абрисов и проекционных характеристик. Выбор типового виртуального манекена для пространственного позиционирования с трехмерным образом индивидуальной фигуры не всегда целесообразно выполнять в соответствии с классическими правилами подбора типовой фигуры. Установлено, что в ряде случаев, например, для

фигур с избыточным лордозом, целесообразно использовать типовой манекен меньшего роста и размера на 1-2 шага интервала безразличия по ведущим размерным признакам. Такой принцип подбора позволяет получить достоверную корректирующую оболочку на типовой манекен, наращивая типовую поверхность на нужную величину.

Т а б л и ц а 1

Этапы анализа	Осанка женской фигуры					
	нормальная	избыточный лордоз	небольшой лордоз	выпрямленная	небольшой кифоз	избыточный кифоз
Вид фигуры						
Вид сбоку совмещения абрисов типовой (черный контур) и индивидуальной (цветной контур)						

Т а б л и ц а 2

Совмещение абрисов		Пространственная корректировка типового манекена			
вид сбоку	вид сзади	вид сбоку	вид спереди	вид сзади	вид сверху
					

На рис. 1 представлены этапы анализа конфигурации совмещенных поверхностей 3D-моделей манекенов: а) – вертикальное рассечение корректирующей оболочки переменной толщины; б) – трехмерная модель индивидуальной фигуры с нанесенными линиями антропометрических измерений; в) – схема нумерации сечений трехмерной модели; г) – отсечение участков виртуального манекена.

Оболочка переменной толщины представляет собой визуализированную модель разницы всех антропометрических характеристик стана индивидуальной фигуры. Процедура исследования особенностей индивидуального телосложения сводится к анализу переменной толщины трехмерной модели оболочки (рис. 1-а), что облегчает пересчет параметров конструкции одежды при сравнении размерных признаков типовой и

индивидуальной фигур. Выделенные для исследования зоны виртуальной корректирующей оболочки разделяют на участки по горизонтальным сечениям, проходящим через антропометрические уровни, соответствующие линиям измерений обхватов шеи, груди, талии, бедер, и по вертикальным сечениям, проходящим через экстремальные точки рельефа поверхности виртуальной фигу-

ры; по боковому и плечевому шву в одежде (рис. 1-б). Для удобства анализа каждому участку может быть присвоен порядковый номер (рис. 1-в). Определение величин и характера отклонений размерных признаков на любом участке сечения выполняется как поуровневый анализ толщины совмещенных поверхностей (рис. 1-г).

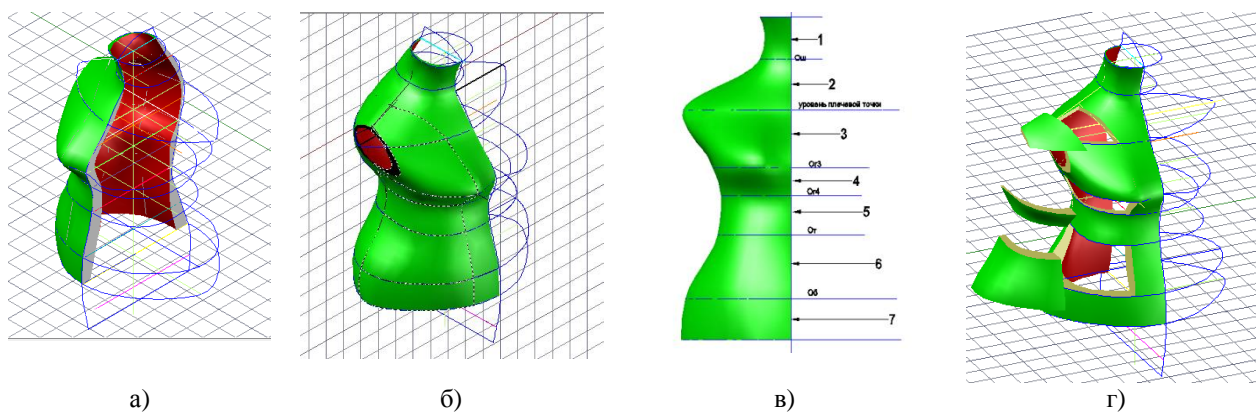


Рис. 1

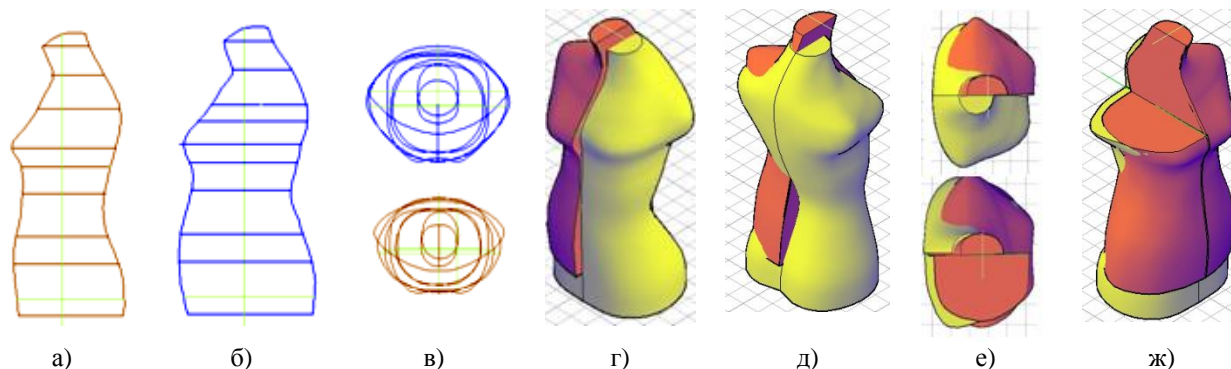


Рис. 2

На рис. 2 показаны этапы выстраивания корректирующей оболочки: а) – вертикальный абрис типового манекена; б) – вертикальный абрис индивидуальной фигуры; в) – горизонтальные абрисы фигур; г) – наращивание переднего контура корректирующей оболочки; д) – формирование заднего контура корректирующей оболочки; е) – вид сверху; ж) – рассечение по линии груди верхнего сектора совмещенных виртуальных фигур.

Апробация заявляемого способа представлена в виде выстраивания корректирующей оболочки над типовым виртуальным манекеном 164-96-102, которая помогает ви-

зуализировать параметры индивидуальной фигуры 167-98-111 благодаря своей переменной толщине. Сравнительный анализ проекционных характеристик абрисов типовой (рис. 2-а) и индивидуальной (рис. 2-б) фигур по видам сбоку и сверху (рис. 2-в) позволил выполнить наращивание оболочки по внешней поверхности типового виртуального манекена (рис. 2-г,д,е) и определить толщину оболочки по уровням (рис. 2-ж).

Совмещением типового виртуального манекена и корректирующей оболочки получают индивидуальный виртуальный манекен с достоверными антропометрическими характеристиками. Правильно выполненное

позиционирование дает необходимый люфт для виртуального повторения особенностей телосложения потребителя и значительно ускоряет процесс обработки визуальной информации. В результате исследования определено, что в качестве базовой должна быть использована точка основания шеи сзади.

В процессе проектирования трехмерных виртуальных фигур необходимы такие ви-

ды геометрической информации, как поуровневая величина площади и объема сечения (рис. 3 – виды геометрической информации о переменной толщине корректирующей оболочки на примере сечения на уровне талии: а) – определение площади сечения; б) – определение линейных размеров (сагиттальное сечение); в) – определение объема исследуемых участков).

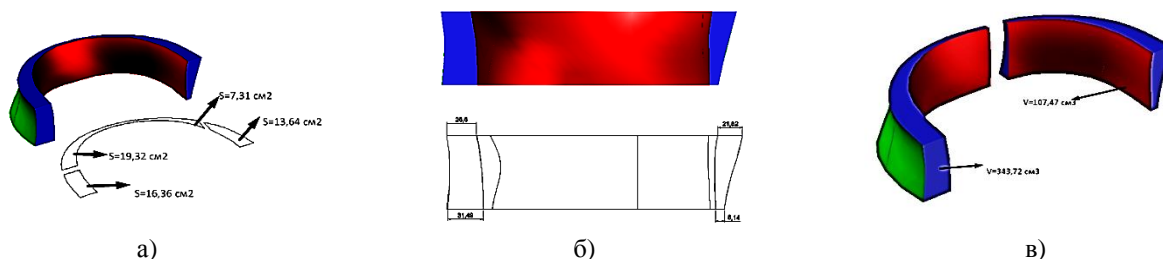


Рис. 3

Анализ геометрической информации позволит не только достоверно оценить разницу в рельефе поверхностей виртуальных типовой и индивидуальной фигур, но и правильно выполнить корректировку конструкции одежды, минимизировав возможность проявления конструктивных дефектов посадки проектируемого изделия на индивидуальной фигуре потребителя.

Сводные данные по объему участков исследуемой корректирующей оболочки, площадей сечений и их процентному соотношению для переда и спинки представлены в табл. 3 (данные об участках совмещенных

поверхностей 3D-моделей манекенов). Разница площадей сечений оболочки между совмещенными поверхностями 3D-моделей типового и индивидуального виртуальных манекенов по антропометрическим уровням (табл. 4) указывает на преобладание по передней поверхности индивидуальной фигуры выступов груди и живота, а по спинному контуру – выступа лопаток и ягодиц, по боковому контуру максимальное наращивание толщины оболочки должно быть выполнено спереди между линиями груди и бедер, сзади – ниже подмышечной впадины и бедер.

Таблица 3

№	Обозначение размерного признака, соответствующего уровню сечения	Передние участки			Участки спинки		
		центральная часть	боковая часть	объем, см ³	центральная часть	боковая часть	объем, см ³
		площадь, см ²			площадь, см ²		
1	Ош	5,78	-	29,75	-	11,66	48,60
2	ОГ ₁	10,64	16,08	174,14	10,86	11,12	180,93
3	ОГ ₃	20,09	30,03	448,94	10,64	7,12	195,03
4	ОГ ₄	16,36	19,32	192,34	7,31	13,64	93,40
5	От	20,46	44,50	343,72	4,49	7,72	107,47
6	Об	23,34	71,50	950,85	46,60	25,64	406,46

Таблица 4

№	Разница площадей между участками	Передние участки		Участки спинки	
		центральная часть	боковая часть	центральная часть	боковая часть
		S ₂ -S ₁ , см ²		S ₂ -S ₁ , см ²	
1	Ош - ОГ ₁	4,86	-	-	- 0,54
2	ОГ ₁ - ОГ ₃	9,45	13,95	-0,22	-4
3	ОГ ₃ -ОГ ₄	-3,73	-10,71	-3,33	6,52
4	ОГ ₄ -От	4,1	25,18	2,82	-5,92
5	От - Об	2,88	27	42,11	17,92

ВЫВОДЫ

1. Предложенный способ коррекции виртуального манекена апробирован при проектировании съемной накладки на типовой манекен, имитирующей поверхность индивидуальной фигуры. Известно, что разнообразие типовых манекенов ограничено и при подборе соответствующего индивидуальной фигуре типового манекена необходимо учитывать не только габаритные размеры, но и телосложение индивидуальной фигуры, форму плечевого пояса, переднего и спинного контуров тела. Правильно выполненное виртуальное позиционирование дает необходимый люфт для виртуального повторения особенностей телосложения потребителя и значительно ускоряет процесс обработки визуальной информации.

2. Выбор типового виртуального манекена для пространственного позиционирования с трехмерным образом индивидуальной фигуры не всегда целесообразно выполнять в соответствии с классическими правилами подбора типовой фигуры. Установлено, что в ряде случаев, например, для фигур с избыточным лордозом, целесообразно использовать типовой манекен меньшего или большего роста и размера на 2 шага интервала безразличия по ведущим размерным признакам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Nayak R., Padhye R., Wang L., Chatterjee K., Gupta S.* The role of mass customisation in the apparel industry // *International Journal of Fashion Design, Technology and Education.* – Vol.8, №2, 2015. P.162...172.

2. *Devajaran P., Istook C.L.* Validation of Female Figure Identification Technique (FFIT) for Apparel Software // *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management.* – Vol.4, №5, 2004. P.1...23.

3. *Istook C.L.* Enabling mass customization: computer-driven alteration methods // *International Journal of Clothing Science and Technology.* – Vol.14, №1, 2002. P.61...76.

4. *Sindicich D.K.* Interest and Needs in Men's Business Clothing // Thesis PhD, Marketing. – 2008, Florida State University.

5. *Ashdown S.P., Dunne L.A.* Study of Automated Custom Fit: Readiness of the Technology for the Apparel Industry // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.24, №2, 2006. P.121...136.

6. *Guo Z.X., Wong W.K., Leung S., Li M.* Applications of artificial intelligence in the apparel industry: A review // *Textile Research Journal.* – Vol.81, №18, 2011. P.1871...1892.

7. *Pan B., Holland R.* A mass customized supply chain for the fashion system at the design-production interfaces // *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal.* – Vol.10, №3, 2006. P.345...359.

8. *Андреева Е.Г., Лунина Е.В., Петросова И.А. и др.* Научные исследования и разработки в области конструирования швейных изделий. – М.: Спутник+, 2016.

9. *Lim J.-Y.* Development of men's suit easy-order prototype using cyber fitting 3D avatar // *Fashion & Textile Research Journal.* – Vol.11, №2, 2009. P.308...314.

10. *Cordier F., Seo H., Magnenat-Thalmann N.* Made-to-measure technologies for an online clothing store // *IEEE Computer Graphics and Applications.* – Vol.23, №1, 2003. P.38...48.

11. *Петросова И.А., Андреева Е.Г.* Мерчендайзинг, оценка качества посадки и выбор готовой одежды, соответствующей фигуре потребителя в виртуальной среде // В сб.: *Современные задачи инженерных наук.* – Т.2. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2017. С.140...145.

12. *Guan C., Qin S., Ling W., Ding G.* Apparel recommendation system evolution: an empirical review // *International Journal of Clothing Science and Technology.* – Vol.28, №6, 2016. P.854...879.

13. *Song H.K., Ashdown S.P.* Female Apparel Consumers' Understanding of Body Size and Shape // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.31, №3, 2013. P.143...156.

14. *Januszkiewicz M., Parker C.J., Hayes S., Gill S.* Online virtual fit is not yet fit for purpose: An analysis of fashion e-commerce interfaces // *Conference 3DBODY.TECH 2017 - 8th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies.* – Montreal, Canada, 2017. DOI: 10.15221/17.210

15. *Kim H., Damhorst M.L.* The relationship of body-related self-discrepancy to body dissatisfaction, apparel involvement, concerns with fit and size of garments, and purchase intentions in online apparel shopping // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.28, №4, 2010. P.239...254.

16. *Lee H.H., Kim J., Fiore A.M.* Affective and cognitive online shopping experience: Effects of image interactivity technology and experimenting with appearance // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.28, №2, 2010. P.140...154.

17. *Fiore A.M.* The Digital Consumer // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.26, №2, 2008. P.177...190.

18. *Zhu X.-J., Wu X., Shi X., Xu B.-G.* Framework of personalized clothing visualization // *International Journal of Clothing Science and Technology.* – Vol.29, №3, 2017. P.417...426.

19. *Volino P., Magnenat-Thalmann N.* Accurate garment prototyping and simulation // *Computer-Aided Design and Applications.* – Vol.2, №5, 2005. P.645...654.

20. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantseva V.V., Petrosova I.A., Goncharuk E. et al. Qualitative and quantitative evaluation of shape geometry with three-dimensional visualization of the surface of clothing of complex topography // International Forum on Chemical, Biological, Agricultural, Pharmacy and Health Sciences: Conference Proceedings. – Madrid: Professional science, 2017. P.53...58.
21. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantsva V.V., Petrosova I.A. Three-dimensional virtual technology to simulate the garment with a complex surface topography // Science, Technology and Higher Education: materials of the XIII International research and practice conference. – Westwood: Accent Graphics communications, 2017. P.59...68.
22. Baytar F., Ashdown S. An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology // The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry. – Vol.7, №1, 2015. P.31...52.
23. Apegyei P.R. Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing Fit // International Journal of Digital Content Technology and its Applications. – Vol.4, №7, 2010. P.58...68.
24. McKinney E., Gill S., Dorie A., Roth S. Body-to-Pattern Relationships in Women's Trouser Drafting Methods: Implications for Apparel Mass Customization // Clothing and Textiles Research Journal. – Vol.35, №1, 2016. P.16...32.
25. Yang Y., Zhang W., Shan C. Investigating the development of digital patterns for customized apparel // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.19, №3-4, 2007. P.167...177.
26. Ashdown S.P., Choi M.S., Milke E. Automated side-seam placement from 3D body scan data // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.20, №4, 2008. P.199...213.
27. Kim D.-E. Psychophysical testing of garment size variation using three-dimensional virtual try-on technology // Textile Research Journal. – Vol.86, №4, 2016. P.365...379.
28. Apegyei P.R., Otieno R. Usability of pattern customising technology in the achievement and testing of fit for mass customization // Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal. – Vol.11, №3, 2007. P.349...365.
29. Istook C.L., Hwang S.L. 3D body scanning systems with application to the apparel industry // Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal. – Vol.5, №2, 2001. P.120...132.
30. Тутова А.А., Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Особенности построения трехмерной модели манекена для одежды по данным трехмерного сканирования // Современные проблемы науки и образования. – 2015, №2. С.154.
31. Hu P., Li D., Wu G., Komura T., Zhang D., Zhong Y. Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D scanning // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.30, №2, 2018. P.159...174.
32. Daanen H., Hong S.-A. Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.20, №1, 2008. P.15...25.
33. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Разработка технологии трехмерного сканирования для проектирования виртуальных манекенов фигуры человека и 3D-моделей одежды. – М.: МГУДТ, 2015.
34. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Анализ методов измерений фигуры человека и систем трехмерного сканирования в легкой промышленности // Дизайн и технологии. – 2012, №30 (72). С.55...59.
35. D'Apuzzo N. 3D body scanning technology for fashion and apparel industry // Proceedings of SPIE "Videometrics IX", Vol. 6491. – San Jose, USA: The International Society for Optical Engineering, 2007. DOI: 10.1117/12.703785
36. Park S.M., Choi K.M., Nam Y.J., Lee Y.A. Multi-purpose three-dimensional body form // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.23, №1, 2011. P.8...24.
37. Song H.K., Ashdown S.P. Development of Automated Custom-Made Pants Driven by Body Shape // Clothing and Textiles Research Journal. – Vol.30, №4, 2012. P.315...329.
38. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А. Способ проектирования конструкций одежды на основе совмещения виртуальных образов типовой и индивидуальной фигур / Заявка на изобретение № 2017111453 от 05.04.2017.
39. Гусева М.А., Хмелевская А.Г., Гусев И.Д. Съёмная накладка на типовой манекен для имитации формы поверхности тела индивидуальной фигуры человека / Патент на полезную модель №156812 RU; заявл. 21.05.2015; опубл. 20.11.2015.
40. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Гетманцева В.В., Петросова И.А., Зарецкая Г.П., Гусев И.Д., Калинина Л.М., Корячихина М.А. Съёмная накладка с макетами рук на типовой манекен / Патент на полезную модель №2018121925 от 15.06.2018.

REFERENCES

1. Nayak R., Padhye R., Wang L., Chatterjee K., Gupta S. The role of mass customisation in the apparel industry // International Journal of Fashion Design, Technology and Education. – Vol.8, №2, 2015. P.162...172.
2. Devajaran P., Istook C.L. Validation of Female Figure Identification Technique (FFIT) for Apparel Software // Journal of Textile and Apparel, Technology and Management. – Vol.4, №5, 2004. P.1...23.
3. Istook C.L. Enabling mass customization: computer-driven alteration methods // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.14, №1, 2002. P.61...76.
4. Sindicich D.K. Interest and Needs in Men's Business Clothing // Thesis PhD, Marketing. – 2008, Florida State University.

5. Ashdown S.P., Dunne L.A. Study of Automated Custom Fit: Readiness of the Technology for the Apparel Industry // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.24, №2, 2006. P.121...136.
6. Guo Z.X., Wong W.K., Leung S., Li M. Applications of artificial intelligence in the apparel industry: A review // *Textile Research Journal*. – Vol.81, №18, 2011. P.1871...1892.
7. Pan B., Holland R. A mass customized supply chain for the fashion system at the design-production interfaces // *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*. – Vol.10, №3, 2006. P.345...359.
8. Andreeva E.G., Lunina E.V., Petrosova I.A. i dr. Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti konstruirovaniya shveynykh izdeliy. – M.: Sputnik+, 2016.
9. Lim J.-Y. Development of men's suit easy-order prototype using cyber fitting 3D avatar // *Fashion & Textile Research Journal*. – Vol.11, №2, 2009. P.308...314.
10. Cordier F., Seo H., Magnenat-Thalmann N. Made-to-measure technologies for an online clothing store // *IEEE Computer Graphics and Applications*. – Vol.23, №1, 2003. P.38...48.
11. Petrosova I.A., Andreeva E.G. Merchendayzing, otsenka kachestva posadki i vybor gotovoy odezhdy, sootvetstvuyushchey figure potrebitelya v virtual'noy srede // V sb.: *Sovremennye zadachi inzhenernykh nauk*. – T.2. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2017. S.140...145.
12. Guan C., Qin S., Ling W., Ding G. Apparel recommendation system evolution: an empirical review // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.28, №6, 2016. P.854...879.
13. Song H.K., Ashdown S.P. Female Apparel Consumers' Understanding of Body Size and Shape // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.31, №3, 2013. P.143...156.
14. Januszkiewicz M., Parker C.J., Hayes S., Gill S. Online virtual fit is not yet fit for purpose: An analysis of fashion e-commerce interfaces // *Conference 3DBODY.TECH 2017 - 8th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies*. – Montreal, Canada, 2017. DOI: 10.15221/17.210
15. Kim H., Damhorst M.L. The relationship of body-related self-discrepancy to body dissatisfaction, apparel involvement, concerns with fit and size of garments, and purchase intentions in online apparel shopping // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.28, №4, 2010. P.239...254.
16. Lee H.H., Kim J., Fiore A.M. Affective and cognitive online shopping experience: Effects of image interactivity technology and experimenting with appearance // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.28, №2, 2010. P.140...154.
17. Fiore A.M. The Digital Consumer // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.26, №2, 2008. P.177...190.
18. Zhu X.-J., Wu X., Shi X., Xu B.-G. Framework of personalized clothing visualization // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.29, №3, 2017. P.417...426.
19. Volino P., Magnenat-Thalmann N. Accurate garment prototyping and simulation // *Computer-Aided Design and Applications*. – Vol.2, №5, 2005. P.645...654.
20. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantseva V.V., Petrosova I.A., Goncharuk E. et al. Qualitative and quantitative evaluation of shape geometry with three-dimensional visualization of the surface of clothing of complex topography // *International Forum on Chemical, Biological, Agricultural, Pharmacy and Health Sciences: Conference Proceedings*. – Madrid: Professional sciences, 2017. P.53...58.
21. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantseva V.V., Petrosova I.A. Three-dimensional virtual technology to simulate the garment with a complex surface topography // *Science, Technology and Higher Education: materials of the XIII International research and practice conference*. – Westwood: Accent Graphics communications, 2017. P.59...68.
22. Baytar F., Ashdown S. An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology // *The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry*. – Vol.7, №1, 2015. P.31...52.
23. Apeageyi P.R. Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing Fit // *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*. – Vol.4, №7, 2010. P.58...68.
24. McKinney E., Gill S., Dorie A., Roth S. Body-to-Pattern Relationships in Women's Trouser Drafting Methods: Implications for Apparel Mass Customization // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.35, №1, 2016. P.16...32.
25. Yang Y., Zhang W., Shan C. Investigating the development of digital patterns for customized apparel // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.19, №3-4, 2007. P.167...177.
26. Ashdown S.P., Choi M.S., Milke E. Automated side-seam placement from 3D body scan data // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.20, №4, 2008. P.199...213.
27. Kim D.-E. Psychophysical testing of garment size variation using three-dimensional virtual try-on technology // *Textile Research Journal*. – Vol.86, №4, 2016. P.365...379.
28. Apeageyi P.R., Otieno R. Usability of pattern customising technology in the achievement and testing of fit for mass customization // *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*. – Vol.11, №3, 2007. P.349...365.
29. Istook C.L., Hwang S.L. 3D body scanning systems with application to the apparel industry // *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*. – Vol.5, №2, 2001. P.120...132.
30. Tutova A.A., Petrosova I.A., Guseva M.A., Andreeva E.G. Osobennosti postroeniya trekhmerno modeli manekena dlya odezhdy po dannym trekhmernogo skanirovaniya // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2015, №2. S.154.
31. Hu P., Li D., Wu G., Komura T., Zhang D., Zhong Y. Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D

scanning // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.30, №2, 2018. P.159...174.

32. Daanen H., Hong S.-A. Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.20, №1, 2008. P.15...25.

33. Petrosova I.A., Andreeva E.G. Razrabotka tekhnologii trekhmernogo skanirovaniya dlya proektirovaniya virtual'nykh manekenov figury cheloveka i 3D-modeley odezhdy. – M.: MGUDT, 2015.

34. Petrosova I.A., Andreeva E.G. Analiz metodov izmereniy figury cheloveka i sistem trekhmernogo skanirovaniya v legkoy promyshlennosti // Dizayn i technologii. – 2012, №30 (72). S.55...59.

35. D'Apuzzo N. 3D body scanning technology for fashion and apparel industry // Proceedings of SPIE "Videometrics IX", Vol. 6491. – San Jose, USA: The International Society for Optical Engineering, 2007. DOI: 10.1117/12.703785

36. Park S.M., Choi K.M., Nam Y.J., Lee Y.A. Multi-purpose three-dimensional body form // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.23, №1, 2011. P.8...24.

37. Song H.K., Ashdown S.P. Development of Automated Custom-Made Pants Driven by Body Shape // Clo-

thing and Textiles Research Journal. – Vol.30, №4, 2012. P.315...329.

38. Guseva M.A., Andreeva E.G., Petrosova I.A. Sposob proektirovaniya konstruktivnykh odezhdy na osnove sovmeshcheniya virtual'nykh obrazov tipovoy i individual'noy figur / Zayavka na izobretenie № 2017111453 ot 05.04.2017.

39. Guseva M.A., Khmelevskaya A.G., Gusev I.D. S"emnaya nakladka na tipovoy maneken dlya imitatsii formy poverkhnosti tela individual'noy figury cheloveka / Patent na poleznuyu model' №156812 RU; zayavl. 21.05.2015; opubl. 20.11.2015.

40. Guseva M.A., Andreeva E.G., Belgorodskiy V.S., Getmantseva V.V., Petrosova I.A., Zaretskaya G.P., Gusev I.D., Kalinina L.M., Koryachikhina M.A. S"emnaya nakladka s maketami ruk na tipovoy maneken / Patent na poleznuyu model' №2018121925 ot 15.06.2018.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Поступила 01.11.18.

УДК 687.053.246; 004.942

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ИГЛОВОДИТЕЛЯ

ANALYTICAL STUDY OF NEEDLE BAR MECHANISM

Ф.Р. РАХМАТУЛИН, Р.Р. АЛЕШИН, С.А. ЕГОРОВ, С.В. СЕЛЕЗНЕВ, А.А. МУХИН

F.R. RAKHMATULIN, R.R. ALESHIN, S.A. EGOROV, S.V. SELEZNEV, A.A. MUKHIN

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)

(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)

E-mail: AleshinRustem@yandex.ru; esa21-02@mail.ru

В работе представлено трехмерное моделирование механизма игловодителя швейной машины и результаты кинематического и силового анализа. Предложена экспоненциальная зависимость реакции в опорах кинематической пары от длины шатуна. Подсчитаны коэффициенты экспоненциальной модели.

In work three-dimensional modeling of the mechanism needle drive of the sewing machine and results of the kinematic and dynamic analysis is presented. Exponential dependence of reaction in kinematic pair from length connecting rod has been as a result offered. Coefficients of exponential model are estimate.

Ключевые слова: игловодитель, трехмерное моделирование, шатун, реакция в опоре.

Keywords: needle bar, three-dimensional modelling, connecting rod, reaction in the kinematic pair.

Одним из основных механизмов швейной машины является механизм игловодителя. Именно на него ложится основная нагрузка при образовании швейной строчки. Главными усилиями, действующими на рабочие органы механизма, являются не технологические нагрузки, а инерционные – от звеньев рычажного механизма. Износ направляющих игловодителя приводит к увеличению шума в машине и, как следствие, к повышенной утомляемости оператора.

Опубликовано большое количество работ, посвященных разработке новых конструк-

ций механизма игловодителя [1...3]. Наибольшее распространение получил кривошипно-ползунный механизм с различными модификациями. В курсе теории механизмов и машин В.А. Зинovieва [4] говорится об обратном пропорциональной зависимости между реакциями в кинематических парах и длиной шатуна.

Целью проведенного исследования являлось установление характера влияния длины кривошипа на реакции в кинематических парах. В качестве объекта исследования был принят механизм игловодителя про-

мышленной швейной машины Typical GC 6850. Работа механизма игловодителя рассматривалась в режиме установившегося движения. На рис. 1 представлена структурная схема рычажного механизма игловодителя (а) и структурная схема механизма иглы Typical GC 6850 (б).

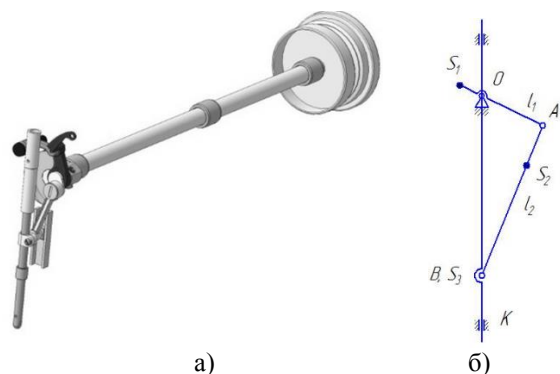


Рис. 1

Исследование механизма выполняли по следующей методике. На первом этапе проведено эскизирование механизма игловодителя, используемого на машине Typical GC 6850. На основании полученных эскизов в системе Компас-3D были разработаны 3D-модели деталей игловодителя и произведена сборка (рис. 1). На втором этапе разработаны конструкции шатунов различной длины (от 20 до 100 мм) и с помощью инструментов системы Компас-3D были определены массоцентровочные характеристики деталей механизма. На третьем этапе проведены кинематическое и кинестатическое исследование

механизма аналитическим методом по методикам подробно, описанным в [4...7].

Для программной реализации изложенных методик использовались алгоритмы, предложенные А.А. Тувиным [6]. На основании проведенных расчетов были получены модули реакций, возникающих в кинематических парах, в зависимости от угла поворота главного вала машины. Отличительной особенностью предлагаемой методики является определение центров масс и моментов инерции деталей с помощью инструментов трехмерного моделирования, что позволяет получить необходимые параметры без изготовления образцов.

Моделирование работы механизма выполняли при различной длине шатуна, которая изменялась в диапазоне от 20 до 100 мм. Для каждой рычажной пары разрабатывалась отдельная трехмерная модель механизма иглы. Расчет проводили в установившемся режиме работы по массоцентровочным характеристикам деталей, заданных при моделировании. Были получены силы, действующие в кинематических парах О, А, В и К. Параметры трехмерных моделей элементов механизма, используемые при выполнении расчетов, представлены в табл. 1. Результаты вычислений, построенные по модулям полученных значений, представлены на рис. 2 (реакции в кинематических парах: а) – реакции в кинематической паре О, б) – реакции в кинематической паре А, в) – реакции в кинематической паре В, г) – реакции в кинематической паре К).

Таблица 1

Деталь	Длина между осями L , м	Масса m , кг	Расстояние до центра масс L_s , м	Момент инерции детали J , кг/м ²
Кривошип	0,0145	0,127,89	5,131	36,96437
Шатун	0,020	0,01039	0,01168	2,5975
Шатун	0,025	0,01110	0,01450	4,0454
Шатун	0,030	0,01178	0,01731	5,9061
Шатун	0,035	0,01248	0,02007	8,2150
Шатун	0,040	0,01318	0,02281	11,0062
Шатун	0,0475	0,01414	0,02688	16,1084
Шатун	0,050	0,01457	0,02822	18,1796
Шатун	0,060	0,01596	0,03355	27,6998
Шатун	0,070	0,01736	0,03883	39,8467
Шатун	0,080	0,01875	0,04407	54,8984
Шатун	0,090	0,02014	0,04927	73,1333
Шатун	0,100	0,02153	0,05445	94,82937
Камень + Хомут + Игловодитель	-	34,88	-	-

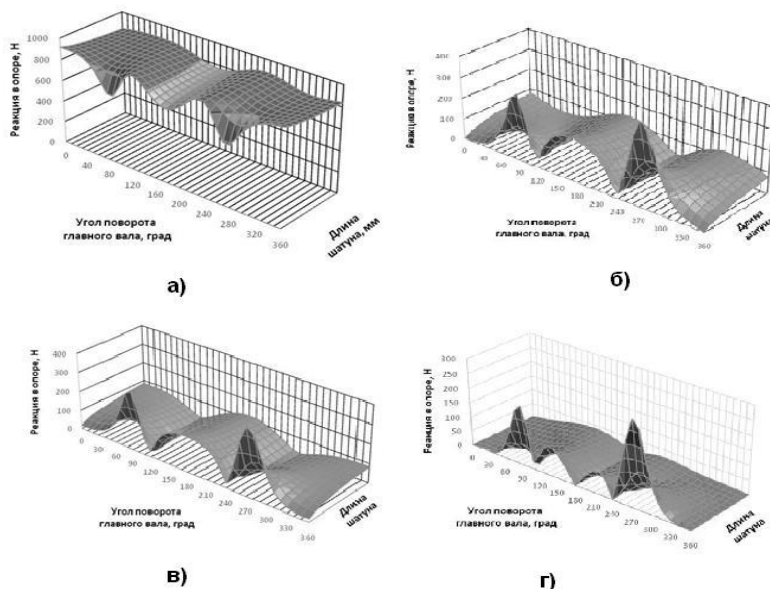


Рис. 2

При угле поворота кривошипа, равном 270° , возникают пиковые нагрузки, которые хорошо видны (рис. 2). Если построить зависимость величины пика от длины шатуна при угле поворота главного вала, равном 270° (рис. 3 – реакции в кинематических парах), то можно сделать вывод, что зависимость является экспоненциальной, выражающейся уравнением регрессии вида:

$$R = Ae^{-\frac{x}{B}} + C, \quad (1)$$

где R – реакция в кинематической паре, Н; A – коэффициент пропорциональности, Н; B – расстояние до центра масс кривошипа, мм; C – напряжение в кинематической паре при длине шатуна больше длины насыщения (напряжения, которые возникают на прямолинейном участке зависимости), Н; x – длина шатуна, мм.

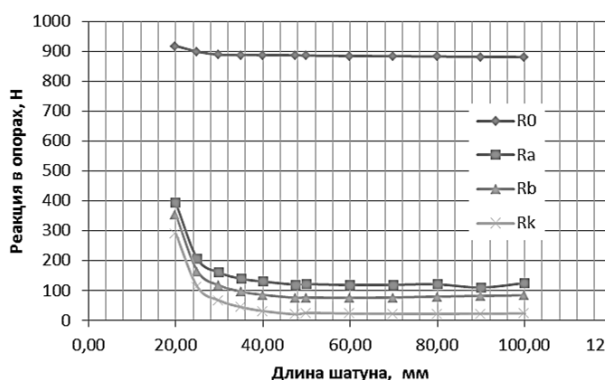


Рис. 3

Значения коэффициентов уравнения (1), рассчитанные для положения главного вала, равном 270° , приведены в табл. 2. Коэффициент детерминации, рассчитанный с помощью инструментов MS Excel, равен 0,99, что указывает на высокую корреляцию предлагаемой модели.

Таблица 2

Коэффициент уравнения	A	B	C
Реакция в кинематической паре O			
Значение	1666	5,1	885
Реакция в кинематической паре A			
Значение	13333	5,1	125
Реакция в кинематической паре B			
Значение	13333	5,1	80
Реакция в кинематической паре K			
Значение	13333	5,1	22

Характер кривых говорит о некоторой "насыщенной" длине шатуна, при которой дальнейшее увеличение длины не приводит к значительному изменению реакций, возникающих в кинематических парах.

В швейной машине Typical GC 6850 длина шатуна равна 47,5 мм. Для снижения материалоемкости узла и машины в целом рекомендуется уменьшить длину до 40 мм, что позволит сделать механизм более компактным. Анализ результатов исследования показал, что сокращение длины шатуна приведет к увеличению нагрузки менее чем на 5%.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика выполнения аналитического исследования механизма привода игловодителя швейной машины Turiscal GC 6850, получены результаты кинематического и силового исследования.

2. Рассчитаны зависимости реакций в кинематических парах от длины шатуна рычажного механизма. Анализ одного из положений позволил установить, что увеличение длины шатуна больше длины насыщения нецелесообразно, поскольку не приводит к изменению реакций в кинематических парах.

3. Полученные уравнения регрессии, описывающие зависимость реакции в кинематических парах от длины шатуна, могут быть использованы при проектировании новых машин.

4. Предлагается сократить длину шатуна на машине Turiscal GC 6850 на 7,5 мм (15%), что позволит сделать механизм более компактным и сократить металлоемкость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2245949 РФ, МПК7 D 05 B 3/02. Механизм игловодителя / А.Е. Рухович, О.Г. Терских, А.Я. Турзинков [и др.]; ОАО "Завод им. В.А. Дегтярёва". - №2004100788/12; заявл. 08.01.2004; опубл. 10.02.2005, Бюл. № 4. - 1 с.: ил.

2. Патент 2055960 РФ, МПК7 D 05 B 3/02. Механизм игловодителя швейной машины ЗИГЗАГ / Н.Н. Буренков, В.К. Зеленко, О.В. Татарников; Конструкторское бюро приборостроения. - № 93020728/12 ; заявл. 20.04.1992; опубл. 10.03.1996, Бюл. № 3. - 2 с.: ил.

3. Лушников С.В. Синтез прямолинейно направляющего механизма // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2005, №6. С. 80...84.

4. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин. - М.: Наука, 1972.

5. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. - Изд. 4-е; перераб. и доп. - М.: Наука, 1988.

6. Тувин А.А., Суров В.А., Андриянов В.М. Основы автоматизированного расчета стержневых механизмов II-го класса. - Иваново: ИГТА, 1998.

7. Кикин А.Б. Синтез направляющего шарнирного четырехзвенника с определением полного числа параметров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2005, №3. С. 95...100.

REFERENCES

1. Patent 2245949 RF, MPK7 D 05 B 3/02. Mekhanizm iglovoditelya / A.E. Rukhovich, O.G. Terskikh, A.Ya. Turzinkov [i dr.]; ОАО "Zavod im. V.A. Degtyareva". - №2004100788/12; zayavl. 08.01.2004; opubl. 10.02.2005, Byul. № 4. - 1 s.: il.

2. Patent 2055960 RF, MPK7 D 05 B 3/02. Mekhanizm iglovoditelya shveynoy mashiny ZIGZAG / N.N. Burenkov, V.K. Zelenko, O.V. Tatarnikov; Konstruktorskoe byuro priborostroeniya. - № 93020728/12 ; zayavl. 20.04.1992; opubl. 10.03.1996, Byul. № 3. - 2 s.: il.

3. Lushnikov S.V. Sintez pryamolineyno napravlyayushchego mekhanizma // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. - 2005, №6. S. 80...84.

4. Zinov'ev V.A. Kurs teorii mekhanizmov i mashin. - M.: Nauka, 1972.

5. Artobolevskiy I.I. Teoriya mekhanizmov i mashin. - Izd. 4-e; pererab. i dop. - M.: Nauka, 1988.

6. Tuvin A.A., Surov V.A., Andriyanov V.M. Osnovy avtomatizirovannogo rascheta stержnevyykh mekhanizmov II-go klassa. - Ivanovo: IGTA, 1998.

7. Kikin A.B. Sintez napravlyayushchego sharnirnogo chetyrekhzvennika s opredeleniem polnogo chisla parametrov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. - 2005, №3. S. 95...100.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 11.11.17.

УДК 658.5:687

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СРЕДСТВО ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**THE AUTOMATED RENDERER
OF LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGICAL PROCESSES
GEOMETRIC MODELING RESULTS**

М.А. ЧИЖИК, Е.А. КАЛИБЕРДА, И.В. ФЕДОТОВА

M.A. CHIZHIK, E.A. KALIBERDA, I.V. FEDOTOVA

(Омский государственный технический университет)

(Omsk State Technical University)

E-mail: margarita-chizhik@rambler.ru; elekaliberda@rambler.ru; igrig64@mail.ru

В статье предложен подход к автоматизации многопараметрических технологических процессов легкой промышленности на основе многомерной геометрии. Разработаны алгоритмическая модель и программная реализация визуального представления численных результатов моделирования в виде графических моделей.

In the article an approach to light industry multiparametric technological processes automation based on multidimensional geometry is suggested. An algorithmic model and software implementation of modeling numerical results visual representation as graphic models are developed.

Ключевые слова: автоматизированное средство, геометрическая модель, многопараметрический процесс, гиперплоскость, гиперповерхность, база данных, визуальная модель, пользовательский интерфейс.

Keywords: geometrical model, multiparametric process, hyperplane, hypersurface, database, visual model, software component, user interface.

Оптимизация производственного процесса путем выбора оптимальных параметров является одним из условий решения важнейших технико-экономических задач современной легкой промышленности, направленных на обеспечение качества выпускае-

мой продукции, рост производительности труда, снижение себестоимости и расхода материалов. Актуальность данного направления возрастает в условиях постоянно обостряющейся конкуренции и технологизации отрасли, использования инновационных ма-

териалов, оборудования и технологий производства.

Основная проблема отраслевых предприятий заключается в противоречии между необходимостью оперативно и систематически осуществлять подбор оптимальных производственных параметров и отсутствием у производителей эффективных методов их установления.

Выбор оптимальных параметров представляет собой многопараметрическую задачу, решение которой базируется на экспериментальных исследованиях и методах математического моделирования и оптимизации. Однако на практике эти методы применяются крайне редко, что обусловлено: временными и финансовыми затратами на проведение экспериментальных исследований; большим объемом математических расчетов и сложностью реализации алгоритмов; отсутствием комплексных программных средств построения многомерных моделей.

Одним из способов, который позволяет преодолеть проблему, является применение к решению многопараметрических задач метода геометрического моделирования, позволяющего рассматривать многомерные объекты в качестве функциональных пространств многих переменных в виде графических моделей гиперплоскостей и гиперповерхностей. Геометрические преобразования помогают перейти от многомерного измерения к стандартному числу измерений [1...3].

С общеметодических позиций графические изображения являются доступной и удобной формой представления информации для специалистов, их применение позволяет уменьшить время принятия решений в среднем на 30%, а число ошибок на 15% [4].

Традиционно постановка задачи предусматривает формирование и анализ исходной (априорной) информации и является основополагающей от точности формулировки и качества проведения, от которой зависят все последующие результаты. Инициацией начала работ является возникновение какой-либо проблемы, требующей использования методов моделирования, и получение задания на проектирование. Планирование и проведение эксперимента занимает приоритетное положение и направлено на

уменьшение количества и длительности экспериментов при обеспечении достоверности и полноты результатов моделирования.

Геометрическое моделирование предполагает построение и исследование производственных процессов на многопараметрических, многокритериальных моделях и получение оптимальных решений.

Математическая формулировка постановки задачи исследований. Пусть имеется производственный процесс, компонентами которого является набор $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ – параметров технологического процесса легкой промышленности, набор $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$ – заданная совокупность критериев для определения оптимальной области решения. В качестве рассматриваемых параметров могут выступать, например, параметры оборудования или свойства материала, критериями являются показатели качества изделия.

Каждому набору параметров X соответствуют количественные значения критериев Y , при этом между X и Y существует взаимозависимость. Каждому из Y можно задать значения y_i^* и возможные величины отклонения Δ_i от этих значений: $|y_i - y_i^*| \leq \Delta_i$.

Требуется для заданных значений параметров $Y^* = \{y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*\}$ найти общую область значений параметров в многомерном пространстве E^{n+m} .

Суть метода геометрического моделирования заключается в следующем: взаимозависимость параметров процесса и критериев качества представляют в виде гиперповерхности; задают точки с координатами, соответствующими значениям критериев, через которые проводят гиперплоскости уровня; количество параметров и критериев может быть различным. Полученные в результате пересечения гиперповерхности с гиперплоскостями уровня сечения определяют область значений параметров для каждого критерия, а их пересечение дает множество значений параметров для получения объекта, удовлетворяющего совокупности критериев [1].

Однако применение данного подхода к исследованию технологических процессов легкой промышленности, отличающихся большим числом взаимосвязанных параметров, дискретностью, стохастичностью, является

достаточно трудоемким, то есть возникает необходимость в его автоматизации. В качестве средства автоматизации предлагается программное средство, реализующее предложенный метод геометрического моделирования инструментами высокоуровневого языка программирования с поддержкой различных графических библиотек, что позволяет создавать интуитивно понятный интерфейс пользователя и базу данных (БД), адаптированную к изделиям и процессам легкой промышленности.

Процесс геометрического моделирования (в рамках общей схемы исследования) представлен на рис. 1.

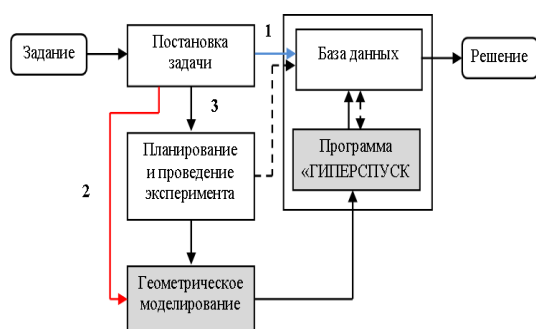


Рис. 1

В зависимости от начальных условий задачи возможны следующие варианты получения решения.

1. *Выбор режимов* (стрелка 1). Из имеющихся в базе данных на основе анализа проведенных ранее экспериментальных исследований и применении математических моделей технологических процессов из БД.

2. *Получение режимов* (стрелка 2). При изменении значений параметров и критериев основано на использовании геометрического моделирования без проведения эксперимента (для известных процессов и материалов). Результатом является новая визуализация геометрической модели, построенной по уже имеющимся в базе экспериментальным данным в соответствии с измененными условиями задачи.

3. *Проектирование нового технологического процесса* (стрелка 3). Предусматривает проведение эксперимента (для новых технологических процессов и материалов) и построение новой многомерной (многопараметрической, многокритериальной) моде-

ли, на основе вновь проведенного эксперимента с учетом заданных ограничений (рис. 1).

Предложенная модель реализуется с помощью автоматизированного программного средства, в задачу которого входят следующие функции:

- организация хранения справочной информации, результатов процессов моделирования в БД;
- визуализация процесса построения моделей;
- обработка и анализ результатов моделирования;
- организация интерактивного диалога пользователя и программы в процессе моделирования.

Все перечисленные функции реализованы в специально разработанном программном приложении, включающем в себя базу данных, программную компоненту и интерфейсную часть, алгоритмическая модель которого представлена на рис. 2 (алгоритмическая модель программного приложения).

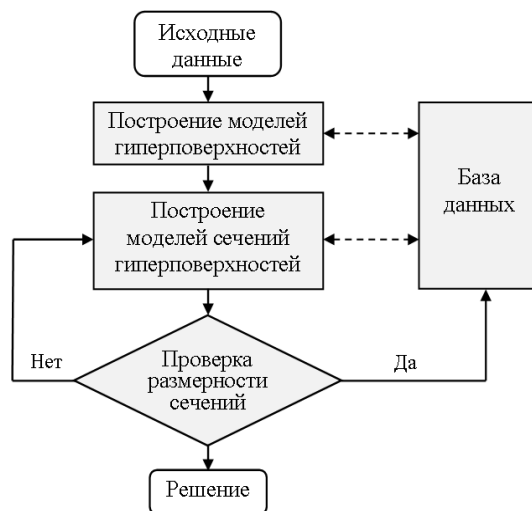


Рис. 2

База данных обеспечивает возможность хранения данных о свойствах материалов, пакетах материалов; параметрах процессов; нормативах критериев; результатов проведенных экспериментальных исследований. В качестве источников данных используются результаты исследований влияния технологических параметров сварного и ниточного соединения текстильных материалов на физико-механические свойства швов; вли-

яния технологических параметров дублирования на физико-механические свойства клеевых соединений; теплозащитных свойств швейных изделий [5].

Разработка программной компоненты, позволяющей получить результат работы алгоритма геометрического моделирования в численном виде, осуществлялась с использованием языка программирования Python. Структура программной библиотеки включает два класса. Основной класс используется для работы с базой данных, кластеризации точечных данных, выполнения операций по построению сечений гиперплоскостями уровня и поиска пересечения двух и более гиперповерхностей в пространствах с совпадающими размерностями. Вспомогательный класс предназначен для обработки кластеров точек и кривых на плоскости и содержит три базовые группы алгоритмов [6].

Для взаимодействия пользователя со всеми элементами программного приложения разработан интерфейс в объектно-ориентированной среде программирования. Интерфейс позволяет реализовать следующие основные функции:

- создание нового эксперимента (рис. 3 – окно создания нового эксперимента);

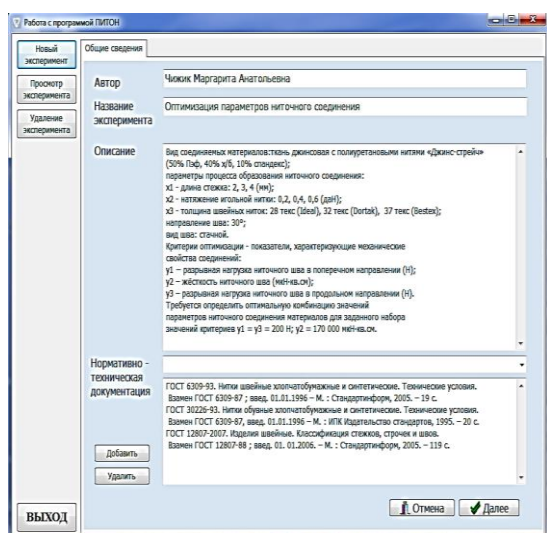


Рис. 3

- просмотр, модификация и удаление хранящихся в базе результатов и занесение их в сводную таблицу экспериментальных данных (рис. 4 – окно формирования сводной таблицы экспериментальных данных);

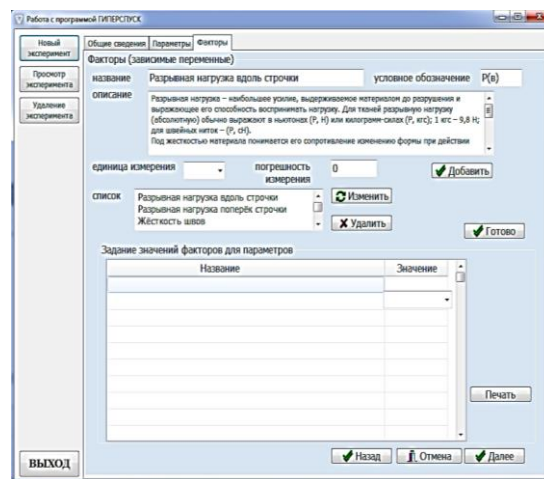


Рис. 4

- формирование и визуализация гиперповерхностей взаимосвязи параметров и критериев (рис. 5 – окно формирования и визуализации гиперповерхностей взаимосвязи параметров и критериев).

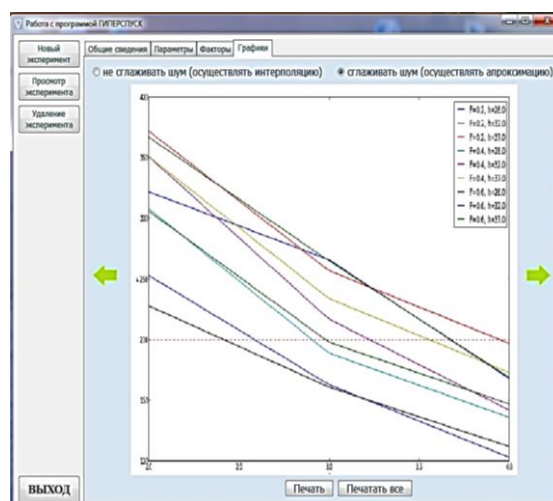


Рис. 5

Таким образом, автоматизация процесса визуализации в совокупности с геометрическим моделированием позволяет получить многомерную модель технологического процесса легкой промышленности в когнитивном представлении, а также получать решение многопараметрических задач в виде области оптимальных параметров.

Разработанное программное средство ориентировано на решение задач производственных процессов легкой промышленности, однако универсальность используемой геометрической модели делает возможным

его применение для решения задач других областей промышленности, для этого достаточно скорректировать структуру базы данных и интерфейсную составляющую.

ВЫВОДЫ

1. Спроектирована и реализована структура базы данных, позволяющая хранить, корректировать и структурировать информацию, необходимую для геометрического моделирования.

2. Разработана программная компонента с использованием инструментов высокоуровневого языка Python, позволяющая получать результаты работы алгоритма геометрического моделирования многопараметрических задач в численном виде.

3. Создан пользовательский интерфейс объектно-ориентированной среды программирования, позволяющий наглядно представлять исследуемые процессы легкой промышленности в виде гиперповерхностей и областей оптимальных значений параметров при решении многопараметрических задач проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.Я., Чижик М.А. Графические оптимизационные модели многофакторных процессов – Омск: Изд-во учебной, научной литературы и учебно-методических пособий, ОГИС, 2009.

2. Чижик М.А., Волков В.Я., Сурженко Е.Я. Применение методов инженерной геометрии для решения задач оптимизации многофакторных процессов // Вестник ТГТУ. – 2012, № 4(18). С. 840...848.

3. Чижик М.А., Яковенко К.С., Волков В.Я. Алгоритмы конструирования графических оптимизационных моделей многофакторных процессов // Омский научный вестник. – 2012, № 1(107). С. 17...20.

4. Боумен У. Графическое представление информации. – М.: Мир, 1971.

5. Свидетельство об отраслевой регистрации базы данных № 2015620223 "Компоненты систем швейных изделий" / Д.В. Доркин, М.Н. Московцев, М.А. Чижик; заявитель и патентообладатель Доркин Д.В. – № 2014621994/69; заяв. 24.12.2014; дата регистрации 09.02.2015.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610165. "Гиперспуск" / М. А. Чижик, М.Н. Московцев, Д.П. Монастыренко, Д.В. Доркин. – № 2013618421/69; заяв. 19.07.2013; дата регистрации 09.01.2014.

REFERENCES

1. Volkov V.Ya., Chizhik M.A. Graficheskie optimizatsionnye modeli mnogofaktornykh protsessov – Omsk: Izd-vo uchebnoy, nauchnoy literatury i uchebno-metodicheskikh posobiy, OGIS, 2009.

2. Chizhik M.A., Volkov V.Ya., Surzhenko E.Ya. Primeniye metodov inzhenernoy geometrii dlya resheniya zadach optimizatsii mnogofaktornykh protsessov // Vestnik TGTU. – 2012, № 4(18). S. 840...848.

3. Chizhik M.A., Yakovenko K.S., Volkov V.Ya. Algoritmy konstruirovaniya graficheskikh optimizatsionnykh modeley mnogofaktornykh protsessov // Omskiy nauchnyy vestnik. – 2012, № 1(107). С. 17...20.

4. Boumen U. Graficheskoe predstavlenie informatsii. – M.: Mir, 1971.

5. Svidetel'stvo ob otraslevoy registratsii bazy dannykh № 2015620223 "Komponenty sistem shveynykh izdeliy" / D.V. Dorkin, M.N. Moskovtsev, M.A. Chizhik; zayavitel' i patentoobladatel' Dorkin D.V. – №2014621994/69; zayav. 24.12.2014; data registratsii 09.02.2015.

6. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2014610165. "Giperspusk" / M.A. Chizhik, M.N. Moskovtsev, D.P. Monastyrenko, D.V. Dorkin. – № 2013618421/69; zayav. 19.07.2013; data registratsii 09.01.2014.

Рекомендована кафедрой прикладной информатики и математики. Поступила 21.02.18.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВАКУУМНОЙ
СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ ПРОДУКЦИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА
КОМБИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

**AUTOMATION OF VACUUM
SUBLIMATION DRYING OF PRODUCTS
USING THE COMBINED MANAGEMENT METHOD**

*М.Г. БАЛЫХИН, М.М. БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ, И.Г. БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ,
З.В. МАКАРОВСКАЯ, М.В. ЖИРОВ, Е.А. НАЗОЙКИН, А.В. БУНЕЕВ*

*M.G. BALYKHIN, M.M. BLAGOVESCHENSKAYA, I.G. BLAGOVESCHENSKIY,
Z.V. MAKAROVSKAYA, M.V. ZHIROV, E.A. NAZOYKIN, A.V. BUNEEV*

**(Московский государственный университет пищевых производств,
Корпорация ООО Omron Electronics)**

**(Moscow State University of Food Productions,
Omron Electronics LLC Corporation)**

E-mail: mgupp@mgupp.ru

В настоящей статье внимание уделено оптимизации и автоматизации процесса вакуумной сублимационной сушки пищевых продуктов. По полученной структурно-параметрической модели разработана функциональная схема автоматизации (ФСА). Разработан метод комбинированного управления процессом сушки на базе ПЛК SRM1A компании OMRON.

This article focuses on the optimization and automation of the process of vacuum freeze-drying of food products. Based on the obtained structural-parametric model, a functional automation scheme (FSA) has been developed. A method for the combined control of the drying process based on the OMRON company PLC SRM1A has been developed.

Ключевые слова: вакуумная сублимационная сушка, структурно-параметрическая модель, программно-логический контроллер, метод комбинированного управления.

Keywords: vacuum freeze-drying, structural-parametric model, program-logic controller, combined control method.

Процесс вакуумной сушки давно стал неотъемлемой частью множества видов производств. Важными направлениями в вакуумной сушке являются: сушка жидковязкой продукции, жидких, твердых, сыпучих порошкообразных масс и т.д. [1]. Это далеко не весь список направлений, где вакуумная сушка является неотъемлемой частью производства различной продукции. На данный момент вакуумная сушка успела четко закреп-

питься в большинстве отраслей, которые не могут в полной мере функционировать без проведения данного процесса. Поэтому можно сделать вывод, что вакуумная сушка – это процесс, который является более чем эффективным, и, если в этом есть необходимость, его можно использовать практически во всех областях. По-видимому, в скором времени процесс вакуумной сушки станет применяться во всех отраслях, которые каким-

то образом связаны с производством различных видов продукции [2].

Для повышения эффективности производственных процессов вакуумной сушки, улучшения качества выпускаемой продукции и решения проблемы импортозамещения актуальнейшей является задача использования новейших научных достижений в области техники и технологии, обеспечения стабильности производственных процессов сушки, оснащения поточно-механизированных линий современными средствами непрерывного автоматического контроля, регулирования и управления с использованием высокоэффективных интеллектуальных технологий [3]. Грамотно внедренная современная интеллектуальная автоматическая система управления технологическими процессами (АСУТП) вакуумной сушки позволяет получить существенное конкурентное преимущество, а также высвободить скрытые резервы производства за счет снижения издержек и увеличения прибыли [4].

Поэтому очень важно эффективное решение задачи автоматизации вакуумной сублимационной сушки продукции на современном уровне с использованием интеллектуальных технологий. Суть технологического процесса вакуумной сублимационной сушки подразумевает под собой испарение из замороженного продукта влаги в результате перехода вещества (льда) из твердого состояния в газообразное без прохождения жидкой фазы. В конечном итоге получается продукт с влажностью 2...5%, что создает возможность для его длительного хранения

в условиях нерегулируемых температур [1]. Основные стадии технологического процесса (ТП) вакуумной сублимационной сушки продукта представлены на рис. 1.

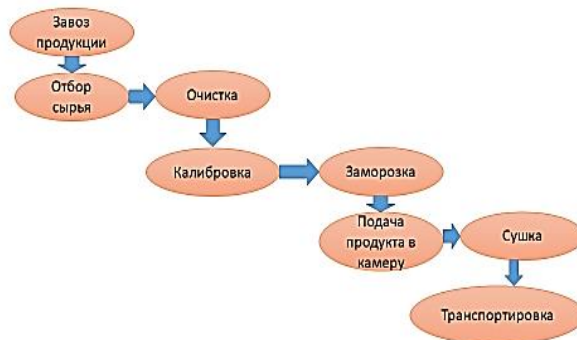


Рис. 1

Решение задачи автоматизации вакуумной сублимационной сушки продукции возможно лишь при наличии математических моделей этих процессов, что позволит наглядно изучить влияние входных контролируемых и регулируемых параметров, возмущающих воздействий на величину влажности высушенной продукции, а также даст возможность прогнозировать ход этих ТП и определять необходимые при этом режимы работы используемого оборудования [5]. Для разработки таких математических моделей были проведены экспериментальные исследования, на основе чего получена структурно-параметрическая модель сублимационной сушки продукта с выделением факторов, оказывающих наибольшее влияние на выходную величину (рис. 2).

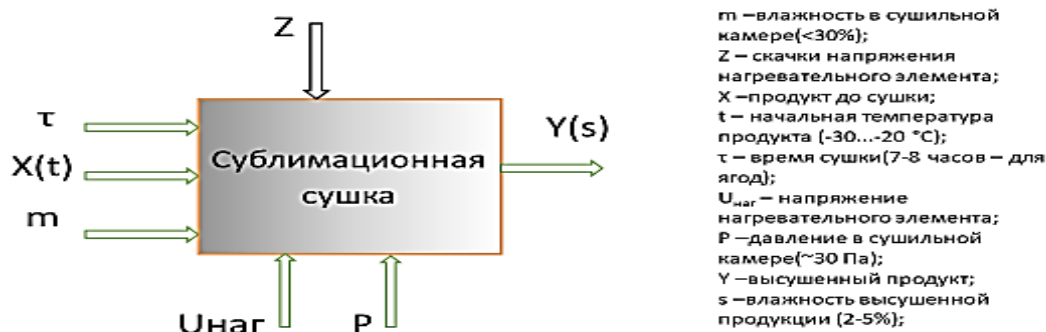


Рис. 2

На основании полученной структурно-параметрической модели сублимационной сушки продукта была разработана функцио-

нальная схема автоматизации (ФСА) процесса вакуумной сушки продукции (рис. 3).

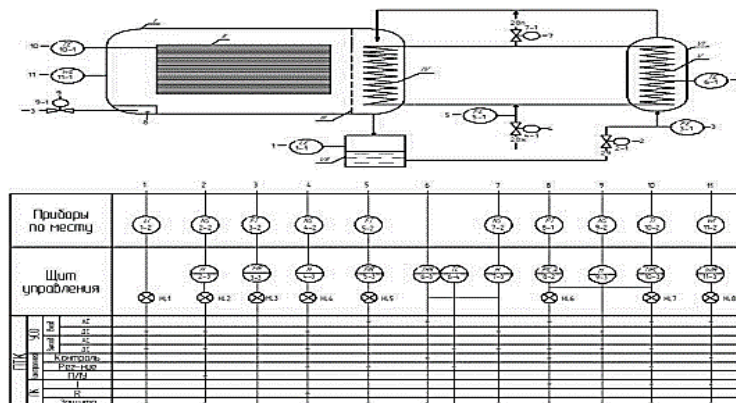


Рис. 3

Одной из главных задач, которая выполняется в ФСА в ходе технологического процесса вакуумной сублимационной сушки, это поддержание на заданном уровне параметров продукта сушки и основных систем сублимационной установки. Решение данной задачи во многом позволяет получить не только высушенный продукт с заданным уровнем качества, но и высокие экономические показатели процесса. В целом разработанная ФСА обеспечивает должный контроль и управление всеми технологическими параметрами с целью получения на выходе продукта с максимально качественными физико-химическими показателями за минимальное время, затраченное на его производство.

Управление процессом вакуумной сублимационной сушки происходит по трем направлениям: регулирование интенсивности теплоподвода с целью достижения заданного уровня температур в замороженной и осушенной частях продукта; регулирование параметров вакуума в сушильной камере и регулирование температуры поверхности десублиматора. Регулирующие воздействия на два последних параметра осуществляются посредством работы вакуумных насосов и системы хладоснабжения (рис. 3). Эти параметры после выхода сублимационного аппарата на рабочий режим остаются неизменными до конца процесса, либо претерпевают незначительные изменения.

Существуют различные методы управления технологическим процессом вакуумной сушки и каждый из них имеет свои пре-

имущества и недостатки [1]. Для определения оптимального метода управления ТП вакуумной сушки была создана экспериментальная лабораторная установка, приведенная на рис. 4. На основании проведенных нами экспериментальных исследований выявлено, что наиболее эффективным является метод комбинированного управления с использованием программно-логического контроллера [6]. Данный метод основан на использовании нескольких параметров сушки одновременно. В частности, рассматриваются такие параметры, как показатель вакуума в сушильной камере, температура продукта на противнях, и также важна зависимость данных показателей от работы вакуумных насосов и системы хладоснабжения.



Рис. 4

Результаты проведенных экспериментальных исследований представлены на рис. 5.

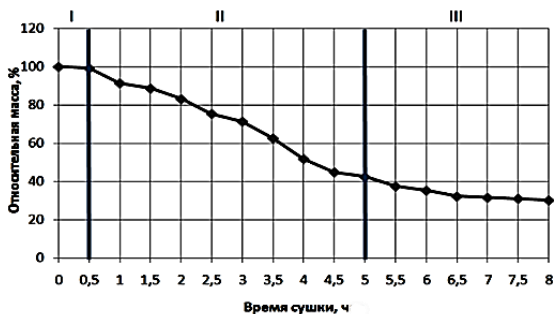


Рис. 5

Проведенные исследования показали, что метод комбинированного управления с использованием программно-логического контроллера (ПЛК) позволяет увеличить надежность и точность воспроизведения требуемых режимных параметров. Модель функционирования ПЛК для датчиков сублимационной камеры представлена на рис. 6.



Рис. 6

При этом программируемый логический контроллер (ПЛК) представляет собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющее конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления, и предназначенное для работы в режимах реального времени.

Программное обеспечение ПЛК состоит из двух частей. Первая часть – это системное программное обеспечение. Если сравнивать ее с компьютером, можно сказать, что это операционная система, то есть управляет работой узлов контроллера и внутренней диагностикой. Системное программное обеспечение ПЛК расположено в постоянной памяти центрального процессора и всегда готово к работе. По включению питания ПЛК готов взять на себя управление системой уже через несколько миллисекунд. ПЛК работает циклически по методу периодического опроса входных данных. Ра-

бочий цикл ПЛК включает 4 фазы: опрос входов; выполнение пользовательской программы; установку значений выходов; некоторые вспомогательные операции (диагностика, подготовка данных для отладчика, визуализации и т.д.). Выполнение первой фазы осуществляется системным программным обеспечением. После чего управление передается прикладной программе – той программе, которую пользователь сам записал в память. По этой программе контроллер выполняет все требования, а по ее завершению управление опять передается системному уровню. За счет этого обеспечивается максимальная простота построения прикладной программы.

Для получения высокого уровня управления, с минимальным периодом опроса датчиков, рекомендуется использовать ПЛК СРМ1А компании ОМРОН, который отличается мощной вычислительной функцией и объемом памяти, он позволяет работать напрямую с портами. Данный контроллер способен работать в режиме реального времени и имеет порт Ethernet для подключения в локальные или глобальные сети верхнего уровня. В целом ПЛК СРМ1А компании ОМРОН соответствует всем требованиям, выставляемым для автоматизированного управления процессом вакуумной сублимационной сушки различной продукции.

На рис. 7 представлена разработанная структура организации АСУТП сублимационной сушки материала.

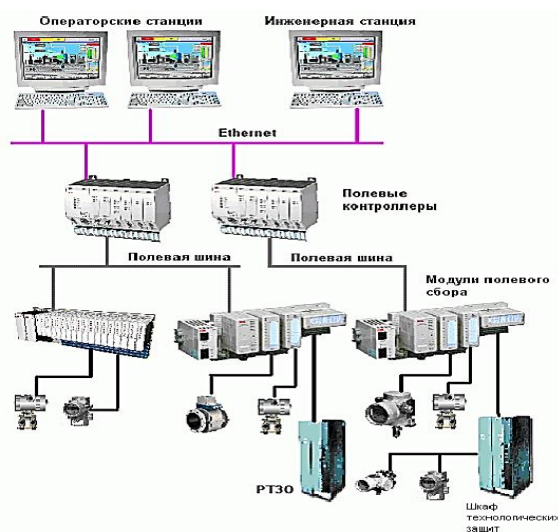


Рис. 7

Автоматизация процесса вакуумной сублимационной сушки с использованием метода комбинированного управления на базе ПЛК СРМ1А компании ОМРОН предусматривает размещение датчиков контроля одновременно в нескольких точках сушильной камеры: измерение температуры поверхностей десублимации и общего давления в камере, регистрация изменения веса высушиваемого продукта в нескольких контрольных точках.

ВЫВОДЫ

Таким образом, регистрация и хранение параметров процесса, формирование управляющих воздействий на процесс вакуумной сублимационной сушки продукции с использованием метода комбинированного управления на основе ПЛК СРМ1А компании ОМРОН способствует получению массы преимуществ: во-первых, позволяет полностью автоматизировать технологический процесс и существенно уменьшить возможность вмешательства человеческого фактора, во-вторых, появляется широкое "поле" для использования современных интеллектуальных технологий в процессах сублимационной сушки различной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Г.В. Вакуумная сублимационная сушка. – М.: ДеЛи плюс, 2013.
2. Jochen Petry. IEC 61131-3 mit CoDeSys V3: Ein Praxisbuch für SPS-Programmierer. – 2011.
3. Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Благовещенская М.М. Основы стабилизации процесса приготовления многокомпонентных масс. – М.: Изд-во Франтера, 2009.
5. Бальхин М.Г., Борзов А.Б., Благовещенский И.Г. Методологические основы создания экспертных сис-

тем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий. – М.: Изд-во Франтера, 2017.

6. Бальхин М.Г., Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Гусаров П.К., Бунеев А.В. Программирование контроллера для автоматизации вакуумной сушки ягод с использованием комбинированного метода управления // Пищевая промышленность. – 2018, №12. С.90...92.

7. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004.

REFERENCES

1. Semenov G.V. Vakuumnaya sublimatsionnaya sushka. – M.: DeLi plus, 2013.
2. Jochen Petry. IEC 61131-3 mit CoDeSys V3: Ein Praxisbuch für SPS-Programmierer. – 2011.
3. Blagoveshchenskaya M.M., Zlobin L.A. Informatsionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami. – M.: Vysshaya shkola, 2005.
4. Blagoveshchenskaya M.M. Osnovy stabilizatsii protsessa prigotovleniya mnogokomponentnykh mass. – M.: Izd-vo Frantera, 2009.
5. Balykhin M.G., Borzov A.B., Blagoveshchenskiy I.G. Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoy produktsii s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologiy. – M.: Izd-vo Frantera, 2017.
6. Balykhin M.G., Blagoveshchenskiy I.G., Blagoveshchenskaya M.M., Gusarov P.K., Buneev A.V. Programmirovaniye kontrollera dlya avtomatizatsii vakuumnoy sushki yagod s ispol'zovaniem kombinirovannogo metoda upravleniya // Pishchevaya promyshlennost'. – 2018, №12. S.90...92.
7. Petrov I.V. Programmiruemye kontrollery. Standartnye yazyki i priemy prikladnogo proektirovaniya / Pod red. prof. V.P. D'yakonova. – M.: SOLON-Press, 2004.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами. Поступила 18.12.18.

**ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ
СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**BASES OF FORMATION
OF THE INFORMATION SECURITY SYSTEM
AT TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES**

И.Г. ЛУКМАНОВА, Р.С. ГОЛОВ, В.Ю. ТЕПЛЫШЕВ, В.Г. СМIRНОВ

I.G. LUKMANOVA, R.S. GOLOV, V.YU. TEPLYSHEV, V.G. SMIRNOV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет))

(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University,
Moscow Aviation Institute (National Research University))

E-mail: lukmanova@mgsu.ru; roman_golov@rambler.ru; teplyshev@tbnenergo.com; svvgvy@mail.ru

Исследование посвящено проблеме формирования системы информационной безопасности предприятия текстильной промышленности. Авторами определяются предпосылки к ее созданию в рамках программно-технического комплекса текстильного предприятия в условиях цифровизации его экономических и технологических процессов. Определяются ключевые принципы построения системы информационной безопасности. На основе этих принципов формируется структура данной системы с учетом конкретных угроз и методов противодействия им, на основе которой исследуются различные методы и технологии программной и аппаратной защиты данных текстильного предприятия.

The study is devoted to the problem of forming the information security system of a textile enterprise. The authors determine the prerequisites for its creation within the program and technical complex of a textile enterprise in the conditions of digitalization of its economic and technological processes. The key principles of building an information security system are defined. Based on these principles, the structure of this system is formed taking into account specific threats and methods of counteraction against them, on the basis of which various methods and technologies of software and hardware protection of data of a textile enterprise are explored.

Ключевые слова: информационная безопасность, программно-технический комплекс, защита данных, аппаратные и программные средства защиты, пакеты прикладных программ, структура системы защиты данных.

Keywords: information security, software and hardware complex, data protection, hardware and software protection tools, application software packages, data protection system structure.

В современных экономических условиях одним из важнейших элементов инфраструктуры практически каждого предприятия текстильной промышленности выступает его программно-технический комплекс

(ПТК), включающий в себя аппаратную и программную составляющие. В состав его аппаратной части входят компьютеры, сервера, контроллеры и исполнительные механизмы, локальная сеть и действующее в ее

рамках коммуникационное оборудование. Они обеспечивают непрерывный обмен информацией между отдельными подсистемами предприятия, сбор данных об их функционировании, а также возможность централизованного управления текстильным производством. Не менее важная программная составляющая включает в себя операционные системы, ERP-систему, специализированные пакеты прикладных программ (ППП), применяемые предприятием для управления технологическими процессами производства, бухгалтерское программное обеспечение и т.д. С позиции теории систем программно-технический комплекс можно рассматривать в виде совокупности локальных ПТК (ЛК). Органично интегрированные между собой, программная и аппаратная части ПТК представляют собой единую систему управления предприятием текстильной промышленности, в рамках которой осуществляется весь цикл управления производством.

Все более возрастающая роль и важность ПТК как ключевой системы управления предприятием порождает новые достаточно специфические риски, связанные с его информационной безопасностью. Цифровизация производственных, экономических и административно-управленческих процессов приводит к тому, что, с одной стороны, ПТК обеспечивает стабильность функционирования производства, а с другой – во входящих в его состав базах данных и ППП хранится стратегически важная конфиденциальная информация о его экономических показателях, используемых при производстве технологиях, принципах организации производства и подобные данные. Хищение этих данных, либо намеренная организация технических сбоев в ПКТ способны нанести предприятию серьезный экономический урон, что обуславливает важность обеспечения информационной безопасности предприятия, в основе которой должен лежать системный комплекс методов и технологий, защищающих программно-технический комплекс на всех уровнях его иерархии. Разработке прикладных основ информационной безопасности предприятия текстильной промышленности и посвящено данное исследование.

При построении системы информационной безопасности, охватывающей все задачи, решаемые на предприятии, рекомендуется использовать нижеперечисленные принципы.

1. *Построение системы безопасности* от несанкционированного доступа (НСД) с наименьшими затратами и с большим эффектом.

2. *Масштабируемость*: программное обеспечение должно работать с приемлемой, не сильно сниженной производительностью, без внесения в него существенных изменений при увеличении мощности и количества используемого оборудования.

3. *Многозвенность*: каждый архитектурный уровень ПТК (web-сервер, сервер приложений, сервер баз данных) реализует функции, наиболее ему присущие. В каждом звене должен работать встроенный компонент защиты и аутентификации информации.

4. *Иерархичность функционирования* ПТК предусматривает реализацию защиты информации на всех иерархических уровнях предприятия.

5. *Обеспечение отказоустойчивости и надежности*.

Перечисленные принципы и базирующиеся на них методы позволяют построить структурную схему элементов защиты ПТК на предприятии.

ЛК, обеспечивающий безопасность информации от НСД, составляет комплекс с другими ЛК и решает в автоматизированном режиме ситуационные задачи защиты от НСД, определяет уровень безопасности в меняющихся условиях.

Различные предприятия могут иметь разную топологию средств защиты информации для обеспечения защищенного режима взаимодействия с внешними системами. Своевременная передача информации без искажений, перехвата, в нужное место является актуальной задачей. Структурная схема элементов защиты ПТК представлена на рис. 1.

В состав структурной схемы элементов защиты ПТК предприятия текстильной промышленности входят 4 блока.

Блок 1 – Паспорт нарушителя. Позволяет определить, кто или что является причиной отказа в информационной системе. Наравне с проникновением в систему преступ-

ника, отказы могут происходить из-за низкого уровня качества оборудования или недобросовестного администрирования комплекса программных средств в составе ПТК.

Если причина – удавшаяся атака, тогда выявляются нарушение и нарушитель. Таковым может быть свой сотрудник или посторонний хакер (действующий извне).

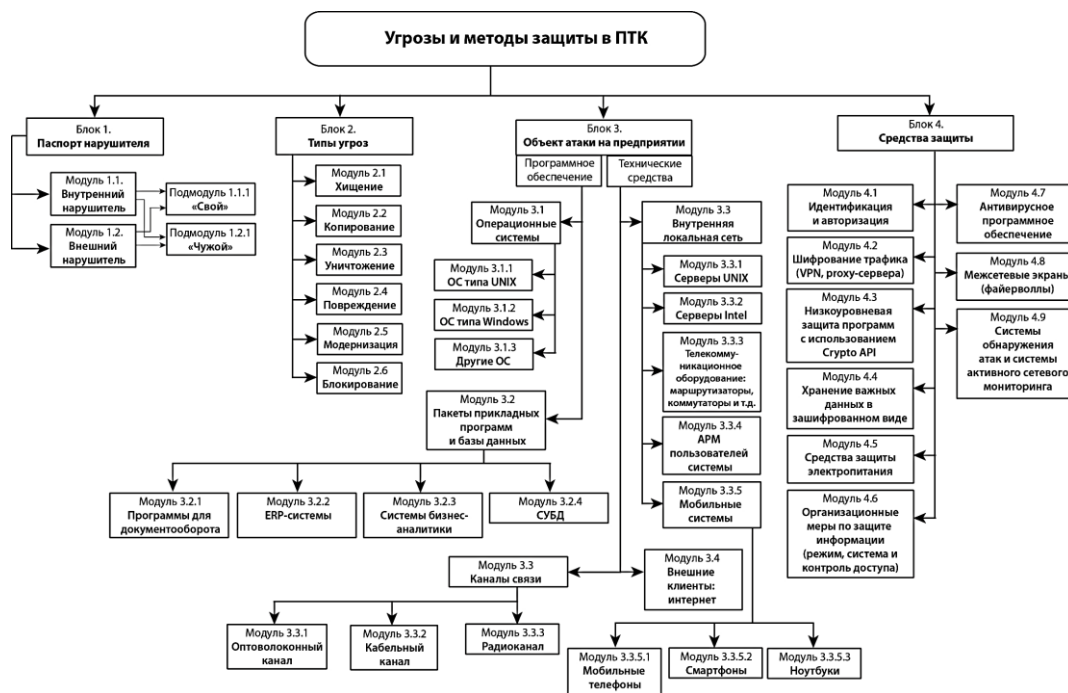


Рис. 1

Блок 2 – Тип угроз. Анализирует типы угроз, которые могут определяться: как хищение, копирование, уничтожение, повреждение, блокирование. Злоумышленник использует средства, направленные на объект атаки и отвечающие его цели: программно-аппаратные или программные средства – аппаратные закладки (непосредственно включающиеся в канал передачи информации или перехватывающие различные побочные электромагнитные излучения), вирусы, троянские программы, программные модули, реализующие уязвимости операционных систем и сетевых протоколов.

Блок 3 – Объект атаки. Позволяет определить объект атаки в ПТК на предприятии. Учитывая, что ПТК состоит из двух взаимосвязанных частей – комплекса обеспечения и комплекса технических средств, то именно они и могут быть разноаспектными объектами угроз.

Из комплекса программного обеспечения в качестве объектов атак можно выделить операционные системы (ОС), пакеты прикладных систем и системы управления

базами данных (СУБД). Угроза может быть фиксирована в определенном месте ПТК – на конкретном электронном устройстве. Это позволяет в дальнейшем ставить датчики в конкретные места ПТК для определения уровня защиты.

Нападению могут подвергаться серверы, рабочие станции, мобильные компьютеры, смартфоны, планшеты, имеющие подключение к Интернету.

Угрозы информационной безопасности ПТК могут быть реализованы при использовании как морально устаревших проводных (витая пара и пр.), более современных оптоволоконных, так и радио- (Wi-Fi, Bluetooth и пр.) каналов связи. Очевидно, что в условиях интеграции ПТК с сетью Интернет, отказаться от которой в современных условиях невозможно, ограничиваться лишь физической защитой канала связи неразумно.

Телекоммуникационному оборудованию, к которому относятся коммутаторы, маршрутизаторы и другие устройства, необходима дополнительная защита. Использование специальных программно-аппаратных бренд-

мауэров (firewall) типа Cisco PIX (IOS) (см. подробнее блок 4) позволяет защитить все сегменты ПТК.

Блок 4 – Средства защиты. Определяет на основе анализа блоков 1...3 оптимальные средства защиты информации. В ПТК на различных иерархических уровнях предприятия могут быть использованы следующие способы: антивирусные программы; межсетевые экраны в виде программно-аппаратных и программных средств защиты; средства идентификации и аутентификации пользователей с использованием клавиатуры, USB-хранилищ и других ключевых носителей, а также биометрических технологий; различные криптографические технологии, такие как VPN и инфраструктура открытых ключей (PKI) в целом; программная и программно-аппаратная защита на прикладном уровне (использование при разработке приложений Crypto API); система противодействия техническим средствам снятия информации (генераторы шума, эффективное экранирование выделенных помещений и каналов передачи информации); административные меры по защите информации (организация системы контроля доступа в определенные помещения и режима информационной безопасности на предприятии в целом).

Антивирусные программы позволяют с известной степенью вероятности нейтрализовать воздействие различных вредоносных программ (прежде всего вирусов и "троянцев"), удалять известные и блокировать неизвестные вирусы. *В современных условиях функционирование ПТК без антивирусных средств защиты практически невозможно.*

При входе пользователя в информационную систему используются средства идентификации и аутентификации. Идентификация позволяет сравнить заранее сохраненный идентификатор с вводимым при доступе к системе. Аутентификация подтверждает принадлежность идентификатора субъекту, то есть устанавливает аутентичность пользователя.

Наиболее эффективным способом идентификации являются одноразовые пароли (аутентификация при помощи защищенных носителей – смарт-карт, USB-ключей), для применения которых необходимо внедре-

ние современных протоколов аутентификации, использующих технологии инфраструктуры открытых ключей, например, Kerberos 5.

Максимальную защищенность от атак изнутри обеспечивают терминальные серверы и тонкие клиенты, или терминалы для автоматизации рабочих мест пользователя (адекватная замена персональным компьютерам). На сегодняшний день серверные операционные системы ведущих мировых производителей (Microsoft, Sun Microsystems, Red Hat Linux и др.) поддерживают такой режим работы.

Практика построения информационных порталов показала, что для их эффективного функционирования необходимо использовать уровень серверов приложений, предоставляющих всем пользователям единый интерфейс. Это позволяет не загружать клиентскую часть и решает проблему кросс-платформенной совместимости в случае использования, например, web-технологий и технологии Java.

При работе в ПТК с различными приложениями – пакетами прикладных программ (ППП) – необходимо решать задачу обеспечения конфиденциальности данных в самих приложениях. Защищенное взаимодействие между различными ППП на прикладном уровне может быть обеспечено на стадии их разработки путем использования различных криптографических API, которые уже на протяжении нескольких лет являются неотъемлемыми компонентами различных средств разработки программного обеспечения.

В последнее время широкую популярность получило использование в ПТК инфраструктуры открытых ключей. Развертывание на предприятии системы удостоверяющих центров значительно (практически до нуля) снижает риск хищения и модифицирования конфиденциальной информации.

На российском рынке лидерами в этой области являются продукты фирмы Крипто-Про для ОС Windows или Keon CA фирмы RSA Security (реализация которого существует практически для всех серверных операционных систем), имеющие сертификаты Гостехкомиссии России.

Идеология защиты ППП системы электронного документооборота, например, Documentum 5, строится на технологии удостоверяющих центров на базе открытых ключей (PKI). Удостоверяющие центры позволяют использовать электронно-цифровую подпись (ЭЦП) и тем самым обеспечить невозможность отрицания автора документа от причастности к его созданию, а также при необходимости обеспечить криптографическую защиту передаваемого по различным сетям документа, обеспечивая конфиденциальность содержащейся в нем информации.

Используемые в ПТК функционально-ориентированных информационных систем (ERP – системы для учета финансово-хозяйственной деятельности, CRM – системы управления взаимоотношениями с клиентами и др.), а также системы управления базами данных должны обладать системой защиты (прежде всего идентификации и аутентификации) на своем прикладном уровне. При этом эффективность использования таких систем возрастает в случае поддержки с их стороны LDAP-подобных служб каталогов (де-факто являющихся на сегодня стандартом), что позволяет интегрировать данные системы в сетевую среду ПТК с минимальными затратами и без ущерба для информационной безопасности.

Иногда для защиты конфиденциальной информации недостаточно разграничить доступ для пользователя к ресурсам на уровне операционных систем. Усилить защиту можно применением "сейф-контейнеров", разработанных, например, российской фирмой Алладин Р.Д.

Эта технология заключается в том, что зашифрованная информация записывается в "сейф-контейнер" (специально выделенное защищенное пространство на жестком диске или другом информационном носителе). Используется ключ eToken для USB-порта, обеспечивающий прозрачный для пользователя процесс шифрования/дешифрования информации.

На разных иерархических уровнях ПТК должен функционировать в режиме защиты от сбоев по электропитанию. Надежность питания обеспечивают источники бесперебой-

ного питания (ИБП), например, фирмы APC (российского подразделения французской компании Schneider Electric), которые в зависимости от нагрузки, на которую рассчитаны, могут быть и компактными, и размером с компьютерную стойку-шкаф.

Если в ПТК происходит сбой электропитания, ИБП начинает поддерживать работоспособность системы в автономном режиме. Если в течение номинального срока электропитание не возобновляется, специальное программное обеспечение, например, Power-Chute, активизируется и в автоматическом режиме корректно закрывает открытые приложения, сводя неудобства по сбою электропитания к минимуму. Потеря информации при этом практически исключена.

Для защиты информации полезны и организационно-административные меры:

- каждому пользователю предписывается иметь свой пароль, разграничивающий доступ и, возможно, с течением времени заменяемый;

- при допуске к работе каждый пользователь проходит проверку на пригодность работы на оборудовании и с конфиденциальной информацией;

- каждый пользователь должен иметь доступ к ограниченному списку помещений, определяемым его полномочиями.

На рынке средств защиты информации относительно недавно появились системы активного мониторинга (САР) и системы обнаружения атак (СОА). Первые предназначены для жесткого контроля за действиями пользователей и происходящих процессов на серверах и рабочих станциях. Клиентские агенты данной системы отслеживают пользователей и запущенных ими в системе процессов, а также анализируют состояние журналов операционной системы. В случае обнаружения несанкционированных действий работа системы блокируется, а сообщение с подробным докладом отсылается на специальный сервер.

Второй класс систем предназначен для диагностики сетевых правонарушений. На наиболее важных участках сети устанавливаются сетевые датчики (серверы), которые анализируют все проходящие через них пакеты на предмет выявления сигнатур атак,

блокируют трафик со скомпрометированных узлов и на сервер системы сообщение с отчетом и перехваченными пакетами. Возможна также установка агентов СОА непосредственно на критически важные серверы, которые анализируют весь входящий на сервер трафик и генерируют сообщения об обнаруженных попытках атак.

Вышеперечисленные средства защиты и анализ угроз позволяют сформировать модель защиты ПТК, работающего в условиях интеграции с сетью Интернет.

Среди прочих выделяются хакерские атаки, направленные на достижение отказа в обслуживании (DoS – Denial of Service). Они несут опасность блокирования информации, и информационные ресурсы становятся недоступными пользователям. Самой эффективной разновидностью таких атак являются атаки распределенного отказа в обслуживании (DDoS – Distributed DoS). Источниками атаки являются тысячи или даже миллионы сетевых хостов (как правило, зараженных специально разработанным вирусом) по всему миру.

Руководство предприятия вольно выбирать эффективные средства защиты ПТК на разных иерархических уровнях в различных сетях. Стратегия политики безопасности определяет множество решений типа firewall, систем обнаружения вторжения и механизмов контроля доступа. При выборе средств защиты от НСД могут использоваться различные эвристические подходы, обеспечивающие выбор правильных направлений в его реализации. Детальный анализ возможностей защиты позволяет остановиться на тех или иных средствах, применяемых при определенных условиях.

Как правило, управление информационной безопасностью ПТК осуществляется на основе мониторинга его состояния с консоли системного администратора, проводящего анализ потенциальных и реальных угроз, на основе чего определяется политика безопасности на предприятии текстильной промышленности. При этом, если средства защиты выведены из строя, эксплуатировать ПТК без введения резервных средств защиты нельзя. При изменении ситуации может изменяться и комплекс средств защи-

ты, их состав, предпочтительность использования одних перед другими. Для эффективной защиты информации в компьютерных системах используется сочетание нескольких видов защит. Например, антивирусные программы эффективны в комплексе с программно-аппаратными брандмауэрами.

ВЫВОДЫ

Выбор средств защиты всегда определяется заказчиком. По мнению авторов, основополагающим критерием в данном вопросе является их соответствие уровню угроз. Самостоятельная разработка средств защиты информации требует огромных трудовых и финансовых ресурсов (если, конечно, учитывается эффективность разрабатываемой системы). Поэтому, на наш взгляд, наиболее эффективным путем создания системы защиты информации в ПТК является интеграция лучших продуктов ведущих мировых производителей (возможно, совместно с собственными разработанными средствами).

ЛИТЕРАТУРА

1. Голов Р.С., Мылъник А.В. Инновационно-синергетическое развитие промышленных организаций (теория и методология). – М.: ИТК "Дашков и Ко", 2018.
2. Трайнев В.А., Теплышев В.Ю., Трайнев И.В. Новые информационные коммуникационные технологии в образовании. – М.: ИТК "Дашков и Ко", 2009.
3. Евдокимова Л.И. Современные проблемы позиционирования текстильной промышленности в экономике России // Аграрный вестник Урала. – 201, № 3. С. 93...95.
4. Назарова М.В. Автоматизация проектирования тканей по заданным параметрам // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 2. С. 138...140.
5. Писарская О.В. Технологии неоиндустриализации экономики: кластеризация в химической и текстильной промышленности // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2017, № 7. С. 196...204.

REFERENCES

1. Golov R.S., Myl'nik A.V. Innovatsionno-sinergicheskoe razvitie promyshlennykh organizatsiy (teoriya i metodologiya). – M.: ITK "Dashkov i Ko", 2018.
2. Traynev V.A., Teplyshev V.Yu., Traynev I.V. Novye informatsionnye kommunikatsionnye tekhnologii v obrazovanii. – M.: ITK "Dashkov i Ko", 2009.

3. Evdokimova L.I. Sovremennye problemy pozitsionirovaniya tekstil'noy promyshlennosti v ekonomike Rossii // Agrarnyy vestnik Urala. – 201, № 3. S. 93...95.

4. Nazarova M.V. Avtomatizatsiya proektirovaniya tkaney po zadannym parametram // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2008, № 2. S. 138...140.

5. Pisarskaya O.V. Tekhnologii neoindustrializatsii ekonomiki: klasterizatsiya v khimicheskoy i tekstil'noy

promyshlennosti // Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. – 2017, № 7. S. 196...204.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве НИМГСУ. Поступила 14.01.19.

УДК 624.21.012.4 (043.3)

**ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН
НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И БЕЗОПАСНОСТЬ
ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**THE EFFECT OF CORROSION OF LONGITUDINAL CRACKS
ON THE BENDING DEFORMATION PROPERTIES
OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

К.В. ШАМШИНА, В.Н. МИГУНОВ, И.Г. ОВЧИННИКОВ, В.Е. РУМЯНЦЕВА

K.V. SHAMSHINA, V.N. MIGUNOV, I.G. OVCHINNIKOV, V.E. RUMYANTSEVA

(Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Тюменский индустриальный университет,
Ивановский государственный политехнический университет)

(Penza State University of Architecture and Construction,
Perm National Research Polytechnical University,
Industrial University of Tyumen,
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: kisek90@mail.ru; viktor5043@rambler.ru; bridgesar@mail.ru; varrym@gmail.com

В статье описаны методика и результаты длительных экспериментальных исследований жесткости, прогибов и ширины раскрытия нормальных трещин в изгибаемых железобетонных конструкциях с коррозионными продольными трещинами, оказывающими непосредственное влияние на безопасность предприятий текстильной промышленности. Представлены соотношения для жесткости балок при приложении к ним кратковременных изгибающих моментов. Приведены графики изменения жесткости и прогибов во времени с полученными корреляционными зависимостями.

The article describes the technique and results of long-term experimental studies of stiffness, deflections and width of normal cracks of bent concrete structures with corrosion longitudinal cracks. Relations of rigidity of beams at application to them of the short-term bending moments are presented. Graphs of changes in stiffness and deflections over time with the obtained correlation dependences are presented.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, коррозионные продольные трещины, безопасность, жесткость, прогибы, нормальные трещины.

Keywords: reinforced concrete structures, corrosion longitudinal cracks, stiffness, deflections, normal cracks.

Конструктивное решение зданий и сооружений текстильной промышленности определяет широкое использование несущих железобетонных конструкций, подвергающихся в процессе эксплуатации воздействию технической жидкой хлоридсодержащей среды, вызывающей коррозию арматуры и образование коррозионных продольных трещин в защитном слое бетона, приводящих к снижению сцепления арматуры с бетоном. Все вышеизложенное оказывает непосредственное влияние на безопасность эксплуатации конструкции, а значит и всего комплекса в целом. Поэтому экспериментальное исследование кинетики развития указанных коррозионных повреждений представляет научный и практический интерес.

В настоящей работе приведены результаты экспериментального исследования изменения жесткости, прогибов и расчетных нормальных трещин в защитном слое бетона, перпендикулярных рабочей арматуре железобетонных конструкций с коррозионными продольными трещинами в защитном слое бетона при действии длительной постоянной изгибающей нагрузки.

Образцы изготовлены из тяжелого бетона на портландцементе марки 400 с водоцементным отношением В/Ц = 0,45, гранитном щебне фракции 5...10 мм и кварцевом песке с модулем крупности $M_{кр} = 2,2$. Балки с размерами по длине и поперечному сечению соответственно 192 см и 14×21 см и толщине защитного слоя бетона $\delta_{зсб} = 40$ мм армированы плоским арматурным каркасом с одним рабочим стержнем диаметром $\varnothing = 12$ мм класса А400 и конструктивной арматурой диаметром $\varnothing = 5$ мм класса В500. В центральной части по длине балок в зоне чистого изгиба на расстоянии 600 мм хомуты отсутствуют.

Перед началом длительных лабораторных испытаний экспериментальные образцы №1 и №2 имели коррозионные продольные трещины в защитном слое бетона соответ-

ственно в зоне чистого изгиба и по всей длине балок с максимальной шириной раскрытия соответственно $a_{T_1}^{max} = 1450$ мкм и $a_{T_2}^{max} = 700$ мкм. В балке №3 коррозионная продольная трещина отсутствует [1]. Класс бетона опытных образцов составляет В 49,4.

Иллюстрация длительных лабораторных испытаний балок на воздействие постоянной изгибающей нагрузки с четырехточечным приложением сосредоточенных нагрузок представлена на рис. 1.



Рис. 1

Нагрузка от сжатия двух пружин обеспечивала получение изгибающего момента $M_{изг} = 0,721 M_{разр}$ на каждой балке. Деформации сжатых пружин контролировались прогибомерами Аистова ПАО-5 с ценой деления 10 мкм. По окончании кратковременного нагружения до опытной изгибающей нагрузки максимальная ширина раскрытия коррозионной продольной трещины на балке №1 и на балке №2 соответственно увеличилась на 450 микрон до $a_T^{max} = 1900$ мкм и на 300 микрон до $a_T^{max} = 1000$ мкм.

После 925 суток испытания максимальная ширина коррозионных продольных трещин возросла на балке №1 в 2,222 раза и на балке №2 – в 2,308 раза. На балке №3 появление продольных трещин в защитном слое бетона не отмечено. Жесткость балок определяется по величинам изгибающего момента и кривизне в зоне чистого изгиба [1].

Соотношения значений кратковременной жесткости балок в зависимости от прило-

жения к ним кратковременных изгибающих моментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Нагрузка, кг	Изгибающая нагрузка		$\frac{D_3}{D_3} / \frac{D_1}{D_3} / \frac{D_2}{D_3}$
	M, кг·см	$\frac{M}{M_p}$	
200	13200	0,131M _p	1/0,80/0,49
300	19800	0,197M _p	1/0,84/0,45
400	26400	0,262M _p	1/0,88/0,72
500	33000	0,328M _p	1/0,84/0,74
600	39600	0,393M _p	1/0,91/0,86
700	46200	0,459M _p	1/0,91/0,81
800	52800	0,525M _p	1/0,88/0,82
900	59400	0,590M _p	1/0,88/0,80
1000	66000	0,656M _p	1/0,98/0,86
1100	72600	0,721M _p	1/0,96/0,92

Примечание. M_{разр} = 100650 кг·см; D₁ – жесткость балки №1; D₂ – жесткость балки №2; D₃ – жесткость балки №3.

Кинетика изменения жесткости балок в течение времени испытания показана на рис. 2 (условные обозначения: Δ – балка №1 с функциональной зависимостью $V = 2,3 + 4e^{-0,0015t}$; □ – балка №2 с функциональной зависимостью $V = 1,8 + 4,2e^{-0,00155t}$; о – контрольная балка №3 с функциональной зависимостью $V = 4 + 25e^{-0,0014t}$).

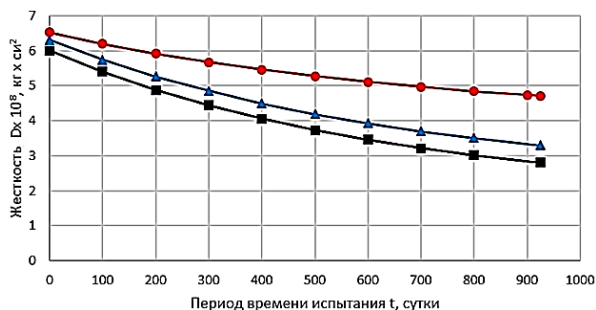


Рис. 2

Относительное изменение жесткости балки №1 (V₁) и балки №2 (V₂) по отношению к жесткости балки №3 (V₃) после 925 суточного испытания соответственно равняется 0,704V₃ и 0,598V₃. Период времени полного затухания изменения жесткости для балок №1 и №2 относительно балки №3 составляет $n = 20 \text{ лет} / 16 \text{ лет} = 1,25$.

Прогибы в центральной части по длине балок определяются по реперным точкам с помощью универсального штангенциркуля со стационарно расположенным индикато-

ром часового типа с точностью отсчета десять микрон [2].

Кинетика изменения прогибов изгибаемых балок в процессе испытания представлена на рис. 3 (условные обозначения: Δ – балка №1 с функциональной зависимостью $f = 11308 - 4000e^{-0,0038t}$; □ – балка №2 с функциональной зависимостью $f = 13446 - 4900e^{-0,003t}$; о – балка №3 с функциональной зависимостью $f = 10408 - 3380e^{-0,003}$).

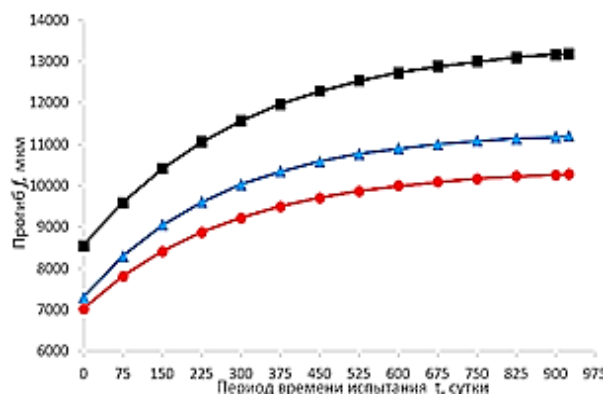


Рис. 3

Относительная величина прогибов балки №1 (f₁) и балки №2 (f₂) по отношению к прогибу балки №3 (f₃) после 925 суток испытания равна соответственно 1,089f₃ и 1,284f₃. Увеличение периода времени полного затухания изменения прогибов для балок с коррозионными продольными трещинами к полному периоду времени затухания прогиба

контрольной балки №3 составляет $n = 12,3$ года/11,8 лет = 1,042.

Отношение средних расстояний между расчетными нормальными трещинами в зоне чистого изгиба на балке №1(l_1) и на балке №2(l_2) к балке №3(l_3) после длительного испытания соответственно составляет $0,655l_3$ и $0,794l_3$. Отношения значений коэффициентов, рассчитываемых как частное от ширины раскрытия нормальных трещин в конце периода испытания к начальной величине ширины раскрытия, максимально раскрытых нормальных трещин и нормальных трещин с $a_{сгс} = 0,200$ мм для балки №1, балки №2 и балки №3 соответственно имеют вид 1,866:1,878:1 и 2,4:2,0:1.

ВЫВОДЫ

1. Впервые в практике исследования длительной работы изгибаемых железобетонных конструкций во времени авторами рассмотрена актуальная задача экспериментального изучения влияния коррозионных продольных трещин в защитном слое бетона на жесткость, прогибы и ширину раскрытия нормальных трещин, следовательно, на безопасность эксплуатации конструкции.

2. Полученные экспериментальные данные определяют влияние коррозионных продольных трещин и их параметров на изме-

нение жесткости, прогибов и ширину раскрытия нормальных трещин. Построенные корреляционные зависимости изменения жесткости и прогибов от времени действия постоянных изгибающих моментов объективно определяют работу изгибаемых железобетонных конструкций с коррозионными продольными трещинами в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мигунов В.Н., Овчинников И.И., Овчинников И.Г. Экспериментально-теоретическое моделирование армированных конструкций в условиях коррозии. – Пенза: ПГУАС, 2014.

2. Мигунов В.Н. Экспериментальное моделирование влияния продольных трещин на долговечность, жесткость и прочность железобетонных элементов. – Пенза: ПГУАС, 2016.

REFERENCES

1. Migunov V.N., Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G. Eksperimental'no-teoreticheskoe modelirovanie armirovannykh konstruktсий v usloviyakh korrozii. – Penza: PGUAS, 2014.

2. Migunov V.N. Eksperimental'noe modelirovanie vliyaniya prodol'nykh treshchin na dolgovechnost', zhestkost' i prochnost' zhelezobetonnykh elementov. – Penza: PGUAS, 2016.

Рекомендована кафедрой нанотехнологий, физики и химии ИВГПУ. Поступила 26.11.18.

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ***

**ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC EFFECTS
ENERGY SAVING IN INDUSTRIAL BUILDINGS
FOR TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY**

*Е.В. РУМЯНЦЕВ, С.В. ФЕДОСОВ, В.Н. ФЕДОСЕЕВ, А.Б. ПЕТРУХИН,
Л.А. ОПАРИНА, Ю.А. ЧИСТЯКОВА, В.Г. КОТЛОВ*

*E.V. RUMYANTSEV, S.V. FEDOSOV, V.N. FEDOSEEV, A.B. PETRUKHIN,
L.A. OPARINA, YU.A. CHISTJAKOVA, V.G. KOTLOV*

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: l.a.oparina@gmail.com

В статье отражены экологические и экономические эффекты от применения инновационных энергосберегающих решений в зданиях текстильной и легкой промышленности. Экономические эффекты выражаются в снижении затрат на отопление и вентиляцию зданий, на энергоснабжение производства на примере текстильного производства и на снижении энергоемкости ВВП. Экологические эффекты выражаются в снижении потребления энергетических ресурсов, уменьшении концентрации углекислого газа, в снижении уровня пыли, шума и т.д. Вместе все это имеет синергетический эффект.

The article reflects the environmental and economic effects of the application of innovative energy-saving solutions in buildings of textile and light industry. Economic effects are expressed in reducing the cost of heating and ventilation of buildings, on energy supply of production on the example of textile production and on reducing the energy intensity of GDP. Ecological effects are expressed in reducing the consumption of energy resources, reducing the concentration of carbon dioxide, reducing dust and noise, and so on. Together it has a synergistic effect.

Ключевые слова: экология, экономические эффекты, энергосбережение, инновационные решения.

Keywords: ecology, economic effects, energy saving, innovative solutions.

Вопросы энергетической эффективности, энергосбережения и экологической безопасности не теряют своей актуальности. Прошло уже 10 лет с принятия Указа Президента РФ от 4 июня 2008 года № 889 "О некоторых мерах по повышению энергетической эффективности и экологической эффективности российской экономики" и 9 лет с принятия Федерального закона № 261-ФЗ "Об

энергоэффективности". За это время многое изменилось, и пришло осознание того, что вопрос снижения энергоемкости экономики, снижения энергопотребления является объектом междисциплинарных исследований и затрагивает многие аспекты: энергетический, экологический, экономический. За 10 лет энергоэффективность в России повысилась на 13%, но потенциал намного

* Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ научного проекта № 16-02-00147-ОГН.

выше. Предполагается, что до 2025 г. повышение энергоэффективности должно составить как минимум 12%, до 2030 г. – не менее 23%, целевой цифрой в госпрограммах обозначен показатель 30%. В 2016 г. по итогам заседания Госсовета по вопросу "Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений" Президент России поручил Правительству РФ ряд поручений на период 2017-2025 гг., где в качестве одной из основных целей является переход России к модели экологически устойчивого развития, позволяющей обеспечить в долгосрочной перспективе эффективное использование природного капитала страны с одновременным устранением влияния экологических угроз на здоровье человека, обратив особое внимание на ряд факторов, среди которых установление целевых показателей энергоэффективности экономики в целом и по основным ее секторам, а также на реализацию комплекса мер по повышению такой энергоэффективности, включая создание и использование возобновляемых источников энергии, развитие микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии.

Авторами настоящей статьи в течение нескольких лет проводились исследования, направленные на разработку как теоретических и практических основ энерго- и ресурсосбережения в промышленности (на примере текстильной и легкой), строительной отрасли и жилищно-коммунальном хозяйстве, по результатам которых получены патенты, защищены диссертации и опубликован ряд научных работ. Показано, что текстильная, строительная отрасли и ЖКХ являются энергоемкими [1], [2]. Разработаны технологии, позволяющие использовать возобновляемые источники энергоресурсов (ВИЭ) для теплоснабжения зданий в текстильном производстве, а также для автономного теплоснабжения зданий непромышленного назначения [3...8]. Установлено, что применение тепловых насосов, наряду с традиционными источниками отопления, позволит экономить тепловую энергию не только на отопление, но и вентиляцию зданий. Затрачивая 1 кВт электрической мощности

в приводе компрессионной установки, можно получить 3...4, а при определенных условиях до 5...6 кВт тепловой мощности [4]. Предложенные авторами технические решения применения инженерных систем рекуперации тепла в зданиях текстильных производств позволят не только улучшить качество микроклимата, но и минимизировать условия, создающие вред окружающей среде [5].

По мнению авторов, актуальными являются не только вопросы, связанные с разработкой инновационных технологий в зданиях, строениях и сооружениях, но и методологические вопросы оценки экологических и экономических эффектов от их применения как в отдельных зданиях и отраслях, так и для экономики в целом. Например, оценка экономической эффективности применения тепловых насосов для объектов производственного и непромышленного назначения представлена в [8]. Вопросы экономической эффективности внедрения энергосберегающих технологий очень важны, так как энергоемкость российской экономики остается высокой. Среди причин ведущие российские ученые называют:

- суровые климатические условия территории страны (60% территории страны охвачены многолетней мерзлотой);

- большие расстояния, которые необходимо преодолевать для доставки сырья, материалов, ТЭР и других товаров (удельные расходы ТЭР на единицу транспортной работы достигают на речном транспорте 1,2...1,4 г. у. т./т-км, железнодорожном – 3...5 г. у. т./т-км, трубопроводном – 12...15 г. у. т./т-км, автомобильном – 140...160 г. у. т./т-км, авиационном – 850...1 000 г. у. т./т-км);

- высокая доля ветхих, устаревших и изношенных жилых и общественных зданий, расходы тепла на отопление которых существенно превышают строительные нормы (более 70% зданий жилого фонда в областных, краевых и республиканских центрах Российской Федерации имеют уровень удельного потребления тепла на отопление, превышающий 200...300 кВт·ч/м² в год, и термические сопротивления ограждающих конструкций менее 2,0 м²·К/Вт);

- недостаточная и не всегда качественная нормативно-правовая база энергосбережения и энергоэффективности;
- исторически сложившийся менталитет российских граждан (нравственный ориентир пренебрежительного отношения к экономии и бережливости);
- недостаточная и низкая профессиональная подготовка специалистов в области энергосбережения и эффективного использования энергетических ресурсов [9].

По мнению авторов, для оценки экономических эффектов от снижения потребления энергоресурсов целесообразно использовать интегральную формулу, максимизирующую суммарные эффекты от энергосбережения, которые могут быть выражены величиной экономии различных энергетических ресурсов, приведенных к одному измерителю посредством коэффициентов перехода к условному топливу:

$$\sum_{i=1}^n (Q_i k_i) \rightarrow \max,$$

где Q_i – величина экономии i -го энергетического ресурса в натуральных единицах измерения; k_i – коэффициент пересчета i -го энергетического ресурса в тонны условного топлива.

Данный экономический эффект можно определять по каждому отраслевому комплексу (промышленность, строительство, транспорт, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, сфера услуг, население). Умножая полученную величину экономии на стоимость производства и транспортировки каждого вида энергоресурса, можно получить данный показатель в стоимостном измерении.

Дополнительные экономические эффекты при внедрении инновационных энергосберегающих решений могут быть получены за счет дополнительных банковских продуктов на финансирование энергосбережения, внедрения энергосервисных контрактов на предприятиях.

Кроме экономического использование инновационных систем теплоснабжения зданий имеет ряд важных экологических эффектов, среди которых важнейшим является

значительное снижение нагрузки на окружающую среду за счет:

- использования возобновляемых источников энергоресурсов (предлагаемые воздушные тепловые насосы используют энергию окружающего воздуха и совсем немного электрической энергии);
- отсутствия необходимости строительства дополнительных коммуникаций для газоснабжения, так как предлагаемая система теплоснабжения является автономной (известно, что при центральных системах теплоснабжения на 1 Гкал, полученную потребителем, на источнике тепла должно быть выработано 3...4 Гкал, что не является энергоэффективным);
- отказа от сжигания углеводородов для отопления зданий – экологический эффект снижения CO_2 в атмосфере.

ВЫВОДЫ

Постепенный переход на использование экологически чистых инновационных систем отопления позволит не только получить экономические эффекты, но и увеличит число "зеленых" зданий и экологически чистых производств. Внедрение инновационных энергосберегающих систем теплоснабжения зданий позволит получить значительные экономические и экологические эффекты, что положительно повлияет на снижение энергоемкости российской экономики и устойчивость развития среды жизнедеятельности человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Котлов В.Г., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Мартынов И.А. Теоретические основы и методы повышения энергоэффективных жилых и общественных зданий и зданий текстильной и легкой промышленности. – Иваново: ПресСто, 2018.
2. Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Чистякова Ю.А. Анализ целевых показателей энергосбережения и ключевых показателей социально-экономического развития РФ // Сб. ст.: Информационная среда вуза (IX Междунар. научн.-практ. конф.). – Иваново: ИВГПУ, 2017. С.83...93.
3. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А., Виноградова Н.В., Острякова Ю.Е. Эффективность отопления тепловым насосом автоном-

ных текстильных производств в зависимости от уровня термодинамической активности фреонов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 179...184.

4. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н. Экологические и энергосберегающие технологии в текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 6. С. 263...265.

5. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н. Эффективное энерго- и теплоснабжение автономных текстильных производств // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 6. С. 235...237.

6. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н. Функциональная система для теплообмена автономных текстильных производств воздушным тепловым насосом (ВТН) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 5. С. 195...198.

7. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А., Воронов В.А., Емелин В.А. Анализ энергоэффективности воздушного теплового насоса и электродвигателя в условиях текстильного и швейного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 195...198.

8. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б. Экономическая эффективность воздушно-тепловых насосов для объектов производственного и непроизводственного назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 18...21.

9. Яворский М.И., Литвак В.В., Огородникова О.В. "Дорожная карта" энергосбережения и повышения энергетической эффективности // Энергосбережение. – 2010, № 5. С.32...36.

REFERENCES

1. Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Kotlov V.G., Petrukhin A.B., Oparina L.A., Martynov I.A. Teoreticheskie osnovy i metody povysheniya energoeffektivnykh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i zdaniy tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – Ivanovo: PresSto, 2018.

2. Petrukhin A.B., Oparina L.A., Chistyakova Yu.A. Analiz tselevykh pokazateley energosberezheniya i klyu-

chevykh pokazateley sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya RF// Sb. st.: Informatsionnaya sreda vuza (IX Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.). – Ivanovo: IVGPU, 2017. S.83...93.

3. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B., Zaytseva I.A., Vinogradova N.V., Ostryakova Yu.E. Effektivnost' otopleniya teplovym nasosom avtonomnykh tekstil'nykh proizvodstv v zavisimosti ot urovnya termodynamicheskoy aktivnosti freonov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 1. S.179...184.

4. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N. Ekologicheskie i energosberegayushchie tekhnologii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 6. С. 263...265.

5. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N. Effektivnoe energo- i teplosnabzhenie avtonomnykh tekstil'nykh proizvodstv // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 6. С. 235...237.

6. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N. Funktsional'naya sistema dlya teploobmena avtonomnykh tekstil'nykh proizvodstv vozdushnym teplovym nasosom (VTN) // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №5. С.195...198.

7. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B., Zaytseva I.A., Voronov V.A., Emelin V.A. Analiz energoeffektivnosti vozdushnogo teplovogo nasosa i elektrodvighatelya v usloviyakh tekstil'nogo i shvey'nogo proizvodstva // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 4. С. 195...198.

8. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdushno-teplovyykh nasosov dlya ob"ektov proizvodstvennogo i neproizvodstvennogo naznacheniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №1. С.18...21.

9. Yavorskiy M.I., Litvak V.V., Ogorodnikova O.V. "Dorozhnaya karta" energosberezheniya i povysheniya energeticheskoy effektivnosti // Energosberezhenie. – 2010, № 5. С.32...36.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 19.02.19.

**ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ МЯГКИХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД
В ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ СОСТАВНОГО СЕЧЕНИЯ
НА НАКЛОННЫХ ВВИНЧЕННЫХ СТЕРЖНЯХ**

**USE OF SOFT HARDWOOD IN WOODEN ELEMENTS
OF COMPOSITE SECTION ON INCLINED METAL RODS**

В.И. ЛИНЬКОВ

V.I. LINKOV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: Linkov-kdip@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы применения древесины мягких лиственных пород в деревянных элементах составного сечения на податливых связях в виде наклонных ввинченных стержней для реконструкции объектов текстильной промышленности постройки до 1917 г. Приводятся результаты испытаний образцов НМС-соединений на ввинченных стержнях деревянных элементов из осины. Определены верхняя граница области упругой работы НМС-соединений элементов из древесины мягких лиственных пород, деформации соединений. Выполнена сравнительная оценка несущей способности и деформативности НМС-соединений на ввинченных стержнях для соединений, выполненных из сосновых и осиновых деревянных элементов. По результатам испытаний образцов выполнены расчеты изгибаемых элементов составного сечения пролетом 6 м с применением теории составных стержней А.Р.Ржаницына. Расчетом определены параметры напряженно-деформированного состояния и несущая способность по первой и второй группам предельных состояний балок составного сечения из трех осиновых брусков сечением 100×150 мм каждый. Показана возможность применения древесины мягких лиственных пород, в том числе осины, в несущих деревянных конструкциях.

The article discusses the use of soft hardwood in wooden elements of composite section on flexible links in the form of inclined screwed rods for the reconstruction of textile industry buildings built before 1917. The results of testing samples of IMR-compounds on screwed rods of wooden aspen elements are given. The upper limit of the elastic work area of NMS-compounds of softwood elements, deformations of compounds is determined. A comparative assessment of the carrying capacity and deformability of IMR-connections on screwed rods for connections made of pine and aspen wooden elements was carried out. According to the test results of the samples, calculations of bent elements of a composite section with a span of 6 m were performed using the theory of Rzhانيتsyn's composite rods. The calculation determined the parameters of the stress-strain state and the bearing capacity of the first and second groups of limit states of the beams of the composite section of three aspen bars with a section of 100×150 mm each. The possibility of using soft hardwood, including aspen in bearing wooden structures.

Ключевые слова: деревянные конструкции составного сечения на податливых связях, древесина мягких лиственных пород, НМС-соединения на винченных стержнях, расчетная несущая способность, деформативность соединения, верхняя граница области упругой работы, теория составных стержней, коэффициент жесткости шва, прогибы конструкции, напряжения изгиба, расчетное сопротивление.

Keywords: wooden structures of composite section on flexible joints, soft hardwood, IMR-connections on screwed rods, design bearing capacity, deformability of the connection, upper boundary of the region of elastic work, theory of composite rods, seam stiffness coefficient, structure deflection, bending stresses, design resistance.

При реконструкции объектов текстильной промышленности [1] постройки до 1917 г. встречаются конструктивные схемы зданий, включающие несущие кирпичные стены и внутренний смешанный каркас, состоящий из металлических колонн, стальных главных и второстепенных деревянных балок, идущих с шагом не более 1,5 м. Деревянные балки выполнены из окантованных бревен, сечение которых при пролетах до 6 м превышает современную номенклатуру размеров пиломатериалов хвойных пород. Для замены, восстановления и повышения несущей способности существующих деревянных балок требуется применять элементы сос-

тавного сечения на механических связях, обладающих податливостью в отличие от жестких клеевых соединений [12...14]. Совместную работу нескольких брусьев, составляющих поперечное сечение элемента, обеспечивают соединениями на наклонных металлических стержнях без применения клея (НМС) [2...4]. В составных деревянных конструкциях представляется целесообразным применение древесины мягких лиственных пород, таких как осина, ольха, тополь [5], [11].

Цель настоящей работы – оценка несущей способности и деформативности НМС-соединений и конструкций составного сечения из древесины мягких лиственных пород.

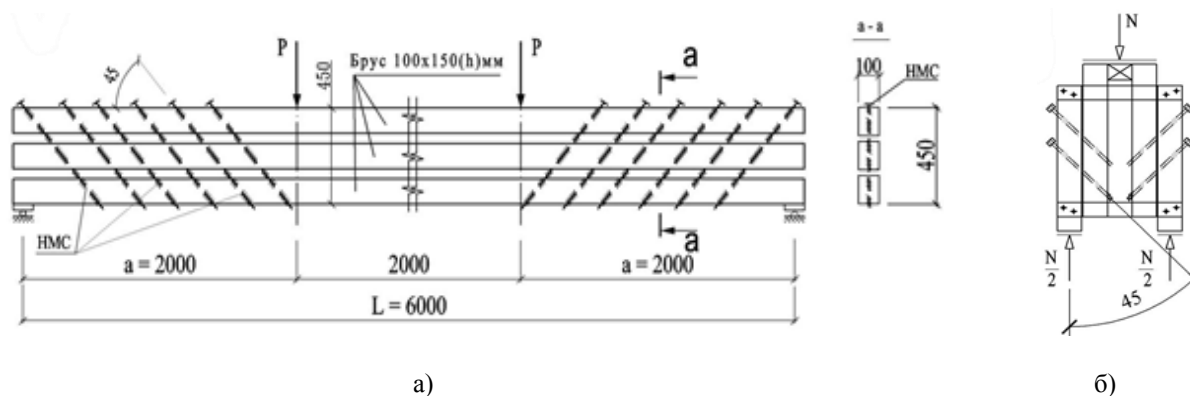


Рис. 1

На рис. 1 представлены конструкции из древесины мягких лиственных пород: а – деревянная балка составного сечения с НМС-соединениями на винченных стержнях $\varnothing 20$ мм; б – образец НМС-соединения деревянных элементов на винченных стержнях $\varnothing 10$ мм.

Расчет деревянных элементов составного сечения на податливых связях выполним

по теории составных стержней (ТСС) А.Р.Ржаницына [6], [7]. Для составной балки из трех брусьев, нагруженной сосредоточенными силами в третях пролета (рис. 1-а), были получены [8] выражения для прогибов с учетом деформаций сдвига податливых связей:

- прогибы W1 на участке 1 балки от опо-

ры до точки приложения силы при $0 \leq X \leq a$

$$\sum_{i=1}^3 E_i I_i W_1 = -\frac{PX^3}{6} + \frac{8}{9}P \left(\frac{X^3}{6} - \frac{\text{ch}\lambda_1(\ell-a)\text{sh}\lambda_1 X}{\text{ch}\lambda_1 \ell \lambda_1^3} \right) + C_1 X + C_2;$$

- прогибы W2 на участке 2 балки от точки приложения силы до середины пролета

$\ell = L/2$ при $a \leq X \leq \ell$, где $M^0 = Pa$

$$\sum_{i=1}^3 E_i I_i W_2 = -\frac{PaX^2}{2} + \frac{8}{9}P \left(\frac{aX^2}{2} + \frac{\text{sh}\lambda_1(X-a)}{\lambda_1^2} - \frac{\text{ch}\lambda_1(\ell-a)\text{sh}\lambda_1 X}{\text{ch}\lambda_1 \ell \lambda_1^3} \right) + C_1 X + C_2,$$

где C_1, C_2, C_4 – постоянные интегрирования, определены из граничных условий, $C_1 = -P \left(\frac{a^2}{18} - \frac{8}{9\lambda_1^2} + \frac{a\ell}{9} \right)$, $C_2 = 0$, $C_3 = \frac{1}{9}Pa\ell$, $C_4 = Pa \left(\frac{a^2}{54} - \frac{8}{9\lambda_1^2} \right)$, $\lambda_1 = \sqrt{\frac{9}{E \cdot F}} \xi$, E, F – модуль упругости и площадь поперечного сечения стержня; ξ – коэффициент жесткости шва

$$\xi = \frac{T_{\text{ст}} m}{\delta_c},$$

где $T_{\text{ст}}$ – сдвигающее усилие, приходящееся на одну связь; m – количество связей, приходящееся на единицу длины шва; δ_c – деформация взаимного сдвига двух соседних брусьев при сдвигающем усилии $T_{\text{ст}}$. Коэффициент жесткости шва ξ зависит от деформативности податливых связей, которая для каждого типа податливого соединения зависит от породы древесины и выражается отношением $\frac{\delta_c}{T_{\text{ст}}}$, в котором деформации соединения δ_c определяют по результатам испытаний образцов применяемых соединений.

Для определения деформаций δ_c были проведены испытания образцов НМС-соединений на ввинченных стержнях (рис. 1-б).

Деревянные элементы сечением 35×70 мм выполнены из осины. Наклонные металлические стержни диаметром 10 мм с укреплённым шагом резьбы установлены в образце по 2 штуки на один срез соединения под углом 45° к направлению волокон и оси действия сдвигающего усилия в заранее просверленные отверстия $d_{\text{отв}} = 7,2$ мм. Результаты испытаний осиновых НМС-соединений, в том числе в сравнении с аналогичными образцами НМС-соединений из древесины сосны (по данным [9]) представлены в табл. 1 (деформативность образцов НМС-соединений на ввинченных стержнях из древесины хвойных (сосна) и мягких лиственных (осина) пород) и в табл. 2 (несущая способность образцов НМС-соединений на ввинченных стержнях из древесины хвойных (сосна) и мягких лиственных (осина) пород), а также на графиках на рис. 2-а (рис. 2 – результаты испытаний образцов и расчета конструкций: а – деформации НМС-соединений на ввинченных стержнях $\varnothing 10$ мм; б – расчетные прогибы деревянных балок составного сечения с учетом фактических деформаций НМС-соединений на ввинченных стержнях $\varnothing 20$ мм).

Т а б л и ц а 1

N _{сдв} , кН	N _{ст} , кН	σ _{среза} , МПа	D _п , мм, среднее по трем образцам		Деформативность D _п /σ _{среза} , мм/МПа		Отношение сосна / осина
			сосна	осина	сосна	осина	
0	0	0	0	0	0	0	0
3	1,06	0,682	0,2	0,33	0,293	0,487	1,663
6	2,12	1,365	0,55	0,78	0,403	0,573	1,422
9	3,18	2,047	0,91	1,24	0,444	0,607	1,366
12	4,24	2,730	1,28	1,73	0,469	0,633	1,350
15	5,30	3,412	1,67	2,25	0,489	0,660	1,349
18	6,36	4,095	2,1	2,83	0,513	0,691	1,348
21	7,43	4,777	2,58	3,48	0,540	0,729	1,350
24	8,49	5,460	3,12	4,28	0,571	0,784	1,373
27	9,55	6,142	3,9	5,39	0,635	0,878	1,382
30	10,61	6,824	4,8	6,85	0,703	0,723	1,427
Среднее по нагрузкам от 6 до 24 кН					0,490	0,668	1,365

№ образца	N _{I-II} , кН		Среза I-II, МПа		Отношение сосна / осина
	сосна	осина	сосна	осина	
1	24,0	21,0	5,460	4,777	1,143
2	27,0	24,0	6,142	5,460	1,125
3	24,0	21,0	5,460	4,777	1,143
Среднее	25,0	22,0	5,687	5,005	1,137

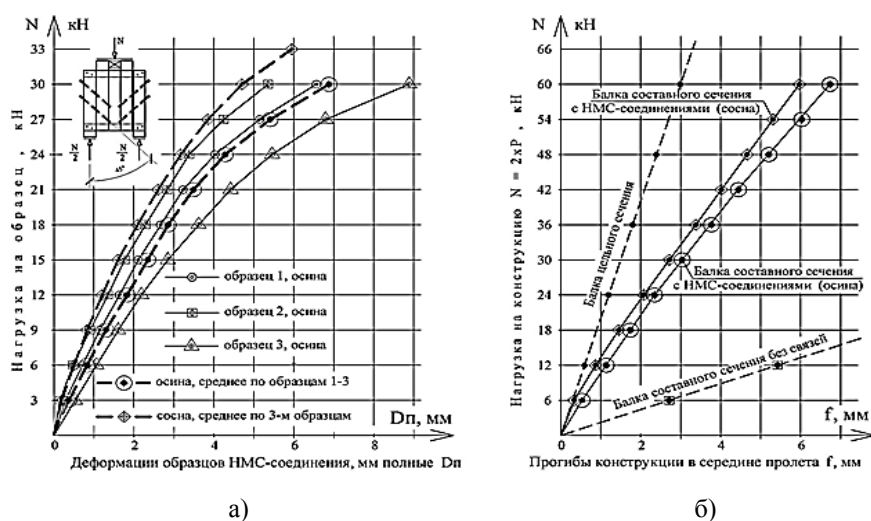


Рис. 2

В пределах упругой работы НМС-соединений для образцов из осины деформации в 1,35...1,42 раза больше, а несущая способность в 1,14 раза меньше, чем в образцах НМС-соединений из древесины хвойных пород (сосна).

С применением ТСС А.Р.Ржаницына и с учетом фактических деформаций НМС-соединений определим расчетные прогибы деревянных балок составного сечения пролетом 6 м из трех брусков сечением каждый 100×150(н) мм из древесины мягких лиственных пород (осина) и хвойных пород (сосна). Совместная работа деревянных брусков обеспечивается НМС-соединениями на винченных стержнях в количестве 6 штук на каждом полупролете балки (рис. 1-а). Для

определения деформаций сдвига НМС-соединений на винченных стержнях в качестве исходных принимаем деформации $D_{п}$ по табл. 1, полученные из испытаний образцов НМС-соединений на винтах $\varnothing 10$ мм. Поскольку в реальных конструкциях применяют винты $\varnothing 20$ мм, введем коэффициент $K_{мф}$, учитывающий масштабный фактор. По данным [10] для НМС-соединений на винченных стержнях $K_{мф} = 1,75$. Результаты вычислений представлены в табл. 3 (показатели напряженно-деформированного состояния составной деревянной балки из древесины мягких лиственных пород (осина), рассчитанные по ТСС А.Р.Ржаницына) и на графике на рис. 2-б.

Таблица 3

Нагрузка на констр. $N=2P$, кН	Напряжения, МПа		Деформации δ_c , мм, НМС-соединения на стержнях $\varnothing 20$ мм для образцов из древесины		Прогибы в L/2 $f_{расч}$, мм, для составных балок из древесины	
	изгиба $\sigma_{и}$	среза по резьбе стержня	сосна	осина	сосна	осина
6	2,1	0,315	0,161	0,268	4,9	5,9
12	4,2	0,630	0,323	0,537	9,7	11,9
18	6,3	0,944	0,585	0,884	15,6	18,6
24	8,4	1,259	0,868	1,247	21,7	25,4
30	10,5	1,574	1,155	1,616	27,8	32,2
36	12,5	1,889	1,446	1,988	34,0	39,1
42	14,6	2,203	1,741	2,369	40,2	46,1
48	16,7	2,518	2,039	2,761	46,4	53,2
54	18,8	2,833	2,343	3,163	52,7	60,3
60	20,9	3,148	2,658	3,586	-	67,7

Принимая расчетное сопротивление осины по СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции,

$$R_{и} = R_{и}^A m_{дл} m_{п} = 19,5 \cdot 0,66 \cdot 0,8 = 12,9 \cdot 0,8 = 10,3 \text{ МПа.}$$

Из табл. 3 видим, что по первой группе предельных состояний несущая способность деревянных балок составного сечения из осины и сосны при симметричном нагружении двумя сосредоточенными силами в третях пролета составляет $2P=30$ кН и 36 кН, что соответствует погонной расчетной нагрузке $q_{экр} = 6,7$ кН/м и 8,1 кН/м соответственно. Принимая предельный прогиб $f_{л} = \frac{1}{250}L = \frac{1}{250}6000 = 24$ мм, видим, что по второй группе предельных состояний несущая способность составных деревянных балок из осины и сосны составляет $2 \times P=24$ кН и 30 кН, что соответствует погонной нормативной нагрузке $q_{экр} = 5,4$ кН/м и 6,75 кН/м соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Испытания образцов НМС-соединений на ввинченных стержнях без применения клея показали, что использование древесины мягких лиственных пород (осина) по сравнению с древесиной сосны приводит к снижению несущей способности НМС-соединений на ввинченных стержнях в 1,137 раза и к увеличению деформативности соединений в 1,365 раза.

2. Нагрузка $N_{г-п}$, соответствующая верхней границе области упругой работы НМС-соединений на ввинченных стержнях $\varnothing 10$ мм, для образцов из древесины осины составила в среднем $N_{г-п} = 22$ кН, что соответствует расчетной несущей способности образцов $N_{п} = 16,9$ кН и подтверждает возможность применения древесины мягких лиственных пород (осина) в несущих деревянных конструкциях составного сечения с НМС-соединениями на ввинченных стержнях.

3. На основе теории составных стержней А.Р. Ржаницына с учетом фактических деформаций НМС-соединений на ввинченных стержнях определена расчетная несущая спо-

собность изгибаемых элементов составного сечения $b \times H=100 \times (3 \times 150)$ мм пролетом 6 м из древесины мягких лиственных пород (осина). При шаге конструкций 1,5 м несущая способность балок составного сечения из осиновых брусьев составила по первой группе предельных состояний $g=670/1,5=450$ кг/м², по второй группе предельных состояний $g_{п}=540/1,5=360$ кг/м².

4. Применение в несущих конструкциях из цельной древесины элементов из мягких лиственных пород (осина) способствует освоению менее дефицитных лесных ресурсов и приводит, по сравнению с древесиной хвойных пород (сосна), к снижению стоимости исходных лесоматериалов не менее чем на 35%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рощина С.И., Лукин М.В., Лисятников М.С., Сергеев М.С. Реконструкция покрытия над одноэтажной пристройкой льнопрядильной фабрики в г. Вязники // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 4. С. 226...230.
2. Клюкин А.А., Пятикрестовский К.П. Покрытие-оболочка с ребрами из цельнодеревянных элементов составного сечения // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. – 2015, № 1 (96). С. 103...106.
3. Линьков В.И. К вопросу проектирования составных деревянных балок на наклонных металлических стержнях для покрытий реконструируемых объектов текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С. 84...89.
4. Линьков В.И. Соединения на наклонных ввинченных стержнях в деревянных балках для реконструкции зданий текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 3. С. 212...217.
5. Пятикрестовский К.П. О проектировании рациональных деревянных конструкций из цельной древесины // Строительная механика и расчет сооружений. – 2016, № 6 (269). С. 63...69.
6. Ржаницына А.Р. Теория составных стержней строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1948.
7. Ржаницына А.Р. Составные стержни и пластинки. – М.: Стройиздат, 1986.
8. Линьков В.И. Моделирование работы деревянных балок составного сечения на податливых связях с применением теории составных стержней А.Р. Ржаницына // Строительная механика и расчет сооружений. – 2011, № 5. С. 30...35.
9. Линьков В.И. Исследование несущей способности соединений элементов деревянных конструкций на наклонных винтах // Сб. науч. тр.: Экспериментальные исследования и расчет строительных

конструкций. – ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, 1986. С.81...86.

10. *Линьков В.И.* Влияние диаметра стержня на несущую способность и деформативность соединения // Сб. науч. тр.: Экспериментальные исследования и расчет строительных конструкций. – ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, 1986. С. 117...124.

11. *Pyatikrestovsky K.P., Travush V.I.* A complex analysis of stress-strain state of ribbed wooden structures with anisotropic sheathing // *Materials Physics and Mechanics.* – V. 31, № 1-2, 2017. P. 56...58.

12. Series Type solutions for built-up timber beams with semi-rigid connections. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers (London).* – 1980. P.707...719.

13. *Walford G. Bryan.* Tests on nailed and glued layered timber cylindrical shells. *ASCE // J. Struct. Div.* – Vol. 106, 1980. P. 247...263.

14. *E. George Stern.* Nailed Flitch beams and grid-ers providing opportunities in wood construction. *Virginia Polytechnic Institute & State University Department.* – VA, USA, 1982. P. 55...64.

REFERENCES

1. Roshchina S.I., Lukin M.V., Lisyatnikov M.S., Sergeev M.S. Rekonstruktsiya pokrytiya nad odno-etazhnoy pristroykoy l'nopryadil'noy fabriki v g. Vyazniki // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2017, № 4. S. 226...230.

2. Klyukin A.A., Pyatikrestovskiy K.P. Pokrytie-obo-lochka s rebrami iz tsel'noderevyannykh elementov sostavnogo secheniya // *Vestnik Irkutskogo gos. tekhn. un-ta.* – 2015, № 1 (96). S. 103...106.

3. Lin'kov V.I. K voprosu proektirovaniya sostavnykh derevyannykh balok na naklonnykh metalliches-kikh sterzhnyakh dlya pokrytyi rekonstruiruemyykh ob"-ektov tekstil'noy promyshlennosti // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2018, №3. S.84...89.

4. Lin'kov V.I. Soedineniya na naklonnykh vvinchen-nykh sterzhnyakh v derevyannykh balkakh dlya rekon-struktсии zdaniy tekstil'noy promyshlennosti // *Izv. vu-*

zov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 3. S. 212...217.

5. Pyatikrestovskiy K.P. O proektirovanii ratsional'-nykh derevyannykh konstruktсий iz tsel'noy drevesiny // *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy.* – 2016, № 6 (269). S. 63...69.

6. Rzhanitsyn A.R. Teoriya sostavnykh sterzhney stroitel'nykh konstruktсий. – M.: Stroyizdat, 1948.

7. Rzhanitsyn A.R. Sostavnye sterzhni i plastinki. – M.: Stroyizdat, 1986.

8. Lin'kov V.I. Modelirovanie raboty derevyannykh balok sostavnogo secheniya na podatlivykh svyazyakh s primeneniem teorii sostavnykh sterzhney A.R. Rzhani-tsyna // *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy.* – 2011, № 5. S. 30...35.

9. Lin'kov V.I. Issledovanie nesushchey sposobnosti soedineniy elementov derevyannykh konstruktсий na naklonnykh vintakh // Сб. науч. тр.: Экспериментал'nye issledovaniya i raschet stroitel'nykh konstruktсий. – TsNIISK im. V.A.Kucherenko, 1986. S.81...86.

10. Lin'kov V.I. Vliyaniye diametra sterzhnya na nesushchuyu sposobnost' i deformativnost' soedineniya // Сб. науч. тр.: Экспериментал'nye issledovaniya i raschet stroitel'nykh konstruktсий. – TsNIISK im.V.A.Kucherenko, 1986. S. 117...124.

11. Pyatikrestovsky K.P., Travush V.I. A complex analysis of stress-strain state of ribbed wooden structures with anisotropic sheathing // *Materials Physics and Mechanics.* – V. 31, № 1-2, 2017. P. 56...58.

12. Series Type solutions for built-up timber beams with semi-rigid connections. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers (London).* – 1980. P.707...719.

13. *Walford G. Bryan.* Tests on nailed and glued layered timber cylindrical shells. *ASCE // J. Struct. Div.* – Vol. 106, 1980. P. 247...263.

14. *E. George Stern.* Nailed Flitch beams and grid-ers providing opportunities in wood construction. *Virginia Polytechnic Institute & State University Department.* – VA, USA, 1982. P. 55...64.

Рекомендована кафедрой металлических и деревянных конструкций. Поступила 16.04.19.

**РАСЧЕТ В УПРУГОЙ СТАДИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ,
ОПЕРТЫХ ПО КОНТУРУ
ПРИ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**

**CALCULATION IN THE ELASTIC STAGE
OF REINFORCED CONCRETE SLABS SUPPORTED
ALONG THE CONTOUR UNDER SHORT-TERM DYNAMIC LOADS**

Д.С. ВАНУС, Д.С. БИБАРЦЕВА, А.С. ЮСУФОВ

D.S. VANUS, D.S. BIBARTSEVA, A.S. YUSUFOV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: dahiws@gmail.com

В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению взрывных аварий в обычных гражданских зданиях вследствие взрывов бытового газа, газовых баллонов высокого давления, паровых котлов и т.д.

Использована методика динамического метода расчета железобетонных плит. Для решения уравнений применен метод Бубнова-Галеркина с использованием статического прогиба.

Получены выражения для расчета плиты в упругой стадии.

Предложена методика, позволяющая обеспечить защиту плиты перекрытия от обрушения при действии особой динамической нагрузки.

Currently, there is a tendency to increase explosive accidents in ordinary civilian buildings, due to explosions of domestic gas, high-pressure gas cylinders, steam boilers, etc.

The methodology of the dynamic method for calculating reinforced concrete slabs was used. To solve the equations, the Bubnov-Galerkin method was applied using static deflection.

Expressions for calculating the slab in the elastic stage were obtained.

The proposed method allows providing protection of the floor slab against collapse under the action of a special dynamic load.

Ключевые слова: кратковременная динамическая нагрузка, упругий метод расчета конструкций, метод Бубнова-Галеркина.

Keywords: short-term dynamic load, elastic method for calculating structures, Bubnov-Galerkin method.

В настоящее время используются различные методы расчета конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок. Распространение методов теории колебаний на расчет железобетонных конструкций в упругой стадии на действие кратковременных динамических нагрузок рассмотрено в трудах Крылова А.М.

Для расчета конструкций в пластической стадии широко применялся жесткопластический метод, однако с учетом особенностей железобетонных конструкций относительно небольших пластических деформаций вследствие достаточно малой деформативности бетона использование данного метода не всегда оправдано, поэтому развитие ди-

намической теории железобетона основывается на упругопластическом методе расчета. Широкое применение нашли приближенные методы расчета, в которых отдельно рассматриваются упругая и пластическая стадии [8].

Проблеме работы конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок посвящены труды ученых: А.М. Крылова, А.А. Гвоздева, Н.Н. Попова, Б.С. Расторгуева, А.Г. Тамразяна, В.А. Котляревского, А.В. Забегаева, В.О. Алмазова и других.

В этих работах использовался упругий метод расчета конструкций, при котором конструкции представлялись как системы с конечным или бесконечным числом степеней свободы, работающими только в упругой стадии (расчет по модели упругого тела).

Кратковременные динамические нагрузки возникают в основном под влиянием взрывных и ударных воздействий (ударная волна взрыва, падение груза на перекрытие, сейсмические воздействия) [1], [2], [8], [9]. В результате действия таких нагрузок большой интенсивности значительные пластические деформации могут быть допущены. Это относится к конструкциям, которые в соответствии с эксплуатационными требованиями должны выдержать, не обрушившись, однократное действие кратковременной нагрузки.

Кратковременная динамическая нагрузка имеет вид:

$$p(t) = pf(t),$$

где p – максимальные значения нагрузки; $f(t)$ – функция изменения нагрузки во времени ($0 \leq t \leq \Theta$) [3], [4], [6].

Значения параметров нагрузки зависят от процессов взаимодействия волны со зданием и определяются согласно специальной литературе, где представлены расчетные законы изменения нагрузки $f(x)$ [5], [7], [10], [11].

Наибольшее действие вызывает динамическая постоянная нагрузка, мгновенно воздействующая с относительно большим временем действия Θ , когда

$$\omega\Theta \geq 200-300,$$

где ω – круговая частота колебаний конструкции.

Рассматривается прямоугольная железобетонная плита со сторонами ℓ_1 (ось ox) и ℓ_2 (ось oy), причем $\ell_1 \leq \ell_2 \leq 2\ell_1$, когда плита изгибается в двух направлениях. Закрепление сторон плиты возможно шарнирное, жесткое.

Плита армируется сетками с продольной и поперечной арматурой с физическим пределом текучести с площадью на 1 м ширина плиты Asx (вдоль ℓ) и Asy (вдоль ℓ_2).

При арматуре, обладающей большим запасом пластических деформаций, плита особенно эффективна для восприятия особых динамических нагрузок, последовательно проходя упругую и пластическую стадии. При этом обеспечивается безопасность плиты при соблюдении основного требования – сохранения несущей способности при достаточно большой вероятности.

В основном получили развитие методы расчета железобетонных конструкций, в которых диаграмма деформации представлена как идеально упругопластическая и идеально жесткопластическая в соответствующих конструкциях. Использование этих методов усложняется учетом движения пластических шарниров и пластических зон.

Поэтому широкое распространение получили упрощенные методы, в которых ширина и зоны пластичности считаются не перемещающимися в процессе деформирования конструкции, а участки между ними принимаются жесткими [13], [15...18].

Рассмотрим расчет плиты в упругой стадии.

Под упругой понимается стадия, когда арматура деформируется в упругой стадии и возможности трещины в различных зонах плиты. Изгиб плиты в направлениях Ox и Oy характеризуется жесткостями Bx и By , определяемыми как для изгибных балочных элементов единичной ширины в стадии с трещинами по формуле

$$Bx = 0,8 EsAsxh_o^2 (1 - 0,3 Ux) (1 - Ux), Ux = \mu x, \quad (1)$$

Аналогичная формула для B_y .

Жесткость при кручении при наличии трещин принимает вид:

$$B_{xy} = 0,22 (B_x + B_y).$$

Для изгибающих и крутящих моментов представлены выражения:

$$M_x = -B_x \frac{d^2 w}{dx^2},$$

$$L(w) = B_x \frac{d^4 w}{dx^4} + 2 B_{xy} \frac{d^4 w}{dx^2 dy^2} + B_y \frac{d^4 w}{dy^4}. \quad (4)$$

Динамические $p(t)$ и статическая Q_{st} нагрузки равномерно распределены по площади плиты.

Решение этих уравнений производится методом Бубнова-Галеркина с использованием статического [14], [19]:

$$W_{st}(x, y) = Z_0 F_1(x) F_2(y) \quad (5)$$

и динамического прогиба:

$$W_1(x, y, t) = W_{st}(x, y) P T_1(t), \quad (6)$$

где $T_1(t)$ – функция динамичности; $F_1(x)$, $F_2(y)$ – функции прогибов балки ($F_1=1$, $F_2=1$) с граничными условиями, соответствующими условиям закрепления сторон плиты (при $x=0$ и $x=l$; $y=0$ и $l/2$):

$$Z_0 = \frac{S_1^2 S_2^2}{\beta}, \quad (7)$$

$$\beta = \beta_x S_1^2 + 2\beta_{xy} S_{11} S_{22} + \beta_y S_2^2, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} S_1^2 &= \frac{\int F_1(\lambda) dx}{\int F_1^2 dx} = \frac{\lambda_1^4}{\ell^4}, \\ S_2^2 &= \frac{\int F_2 dy}{\int F_2^2 dy} = \frac{\lambda_2^4}{\ell^2}, \\ S_{11} &= \frac{\int F_1'' F_1 dx}{\int F_1^2 dx} = \frac{\lambda_{11}}{\ell}, \\ S_{22} &= \frac{\int F_2'' F_2 dx}{\int F_2^2 dx} = \frac{\lambda_{22}}{\ell^2}. \end{aligned}$$

Значения коэффициентов $\lambda_1^2 = \pi^2; 22,4; 15,4$ – при шарнирной, жесткой и податли-

$$M_y = -B_y \frac{d^2 w}{dy^2},$$

$$M_{xy} = -B_{xy} \frac{d^2 w}{dx dy},$$

где w – прогиб плиты.

Для динамического и статического прогибов справедливы уравнения:

$$L(w_1) + m \frac{d^2 w}{dt^2} = p(t) = pf(t), \quad (2)$$

$$L(W_{st}) = Q_{st}, \quad (3)$$

вой опорах. При шарнирных опорах $\lambda_{11} = -\lambda_1^2$. При жестких опорах $\lambda_{11} = -12$.

Круговая частота колебаний плиты определяется по формуле:

$$\omega = \left(\frac{\beta}{m} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (9)$$

Функция динамичности удовлетворяет уравнению:

$$\ddot{T}_1 + \omega^2 T_1 = \omega^2 f(t). \quad (10)$$

Функция прогибов $F_1(x)$ при одинаковых опорных закреплениях равна

$$\begin{aligned} F(x) &= \frac{1}{12} \left(\frac{x^4}{2} - \ell x^3 + \frac{\ell^2 x^2}{2} \gamma_1 + \frac{\ell^3 x}{2} \gamma_2 \right), \\ \gamma_1 &= \frac{k^*}{2+k^*}, \gamma_2 = \frac{2}{2+k^*}, k^* = \frac{k\ell}{\beta_x}, \end{aligned} \quad (11)$$

где k – коэффициент жесткости опорного закрепления.

При шарнирных опорах $k=0$, $\gamma_1=0$, $\gamma_2=1$; при жестких опорах $k=\infty$, $\gamma_1=1$, $\gamma_2=0$; при податливых опорах частного вида $k^*=6$, $\gamma_1=3/4$, $\gamma_2=1/4$.

Тогда

$$M(0) = \frac{\ell^2}{16}, M(\ell) = -\frac{\ell^2}{16}, M\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{\ell^2}{16}.$$

Решение уравнения (10) состоит из суммы общего и частного решений, для которого использована реакция элемента на единичный импульс $Y(t) = \frac{\sin \omega t}{\omega}$ [3].

Тогда

$$T_1(x) = T_1(0)\cos\omega t + \frac{T_1(0)}{\omega} \sin\omega t = \omega \int_0^t f(\tau) \sin(t - \tau) d\tau.$$

Если принять нулевые начальные условия, то получим:

$$T_1(t) = \omega \int_0^t f(\tau) \sin\omega(t - \tau) d\tau, \quad (12)$$

$$\dot{T}_1(t) = \omega^2 \int_0^t f(\tau) \cos(t - \tau) d\tau.$$

Для случая действия динамической постоянной нагрузки ($Q(t)=1$):

$$T_1(t) = 1 - \cos\omega t, \quad \dot{T}_1(t) = \omega \sin\omega t. \quad (13)$$

Конец упругой стадии целесообразно характеризовать не по усилиям (M_x, M_y), а предельным упругим прогибом:

$$f_d = q_{nd} w_{st}(x_0, y_0), \quad (14)$$

где x_0, y_0 – координаты точки плиты с максимальным прогибом; q_{nd} – предельная на-

$$pT_1(t_1)w_{st}(x_0, y_0) + q_{st}w_{st}(x_0, y_0) = q_{nd}w_{st}(x_0, y_0),$$

откуда

$$T_1(t_1) = \gamma_p, \quad \gamma_p = \frac{q_{nd} - q_{st}}{p}, \quad (16)$$

где γ_p – коэффициент динамичности по нагрузке.

Для динамической постоянной нагрузки согласно (14) будет:

$$\cos\omega t_1 = 1 - \gamma_p. \quad (17)$$

Прогиб и скорость плиты в конце упругой стадии будут равны:

$$\begin{aligned} w_d &= p w_{st}(x, y) \gamma_p, \\ \dot{w}_1(x_1 y_1 t_1) &= p w_{st}(x, y) \omega \sin\omega t_1, \\ \sin\omega t_1 &= \sqrt{\gamma_p(2 - \gamma_p)}. \end{aligned} \quad (18)$$

ВЫВОДЫ

1. Для расчетов в упругой стадии принят метод, справедливый для широкого класса конструкций (балочные, плитные). Получе-

рузка с учетом динамических сопротивлений арматуры и бетона.

Величина q_{nd} определяется из уравнения предельного равновесия прямоугольных плит и принимается равной [20], [21]:

$$q_{nd} = \beta_1 \sum_{i=1}^3 \delta_i M_i + \beta_2 \sum_{i=4}^6 \delta_i M_i, \quad (15)$$

$$\beta_1 = \frac{12\ell_2}{\ell^3(3\ell_2 - \ell_1)},$$

$$\beta_2 = \frac{12\ell_2}{\ell_1(3\ell_2 - \ell_1)},$$

где $M_i (i=1,2,3)$ – предельные моменты в сечениях (опорах ($i=1,4$) и пролетах $i=2$), нормальных к стороне ℓ_1 ; $M_i (i=4,5,6)$ – в сечениях, нормальных к стороне ℓ_2 ; коэффициент δ_i принимает значения $\delta_i = 2$ при $i=2$ и 5 , $\delta_i = 1$ при остальных i . Время t_1 конца упругой стадии находится из соотношения

ние расчетных зависимостей сведено к определению функции динамичности, зависящей от круговой частоты колебаний.

2. Методика расчета применена при произвольных особых нагрузках, получены простые аналитические зависимости для двух частных случаев нагрузки. Конец упругой стадии определяется из условия достижения конструкцией предельного упругого прогиба.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рассторгуев Б.С., Ванус Д.С.* Оценка безопасности железобетонных конструкций при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // Строительство и реконструкция. – 2014, №6 (56) (ноябрь-декабрь).

2. *Рассторгуев Б.С.* Динамика железобетонных плит при взрывных нагрузках // Аварии и Катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Том 6. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2003. С. 343...365.

3. *Гольшев А.Б., Бачинский В.Я., Полищук В.П., Харченко А.В., Руденко И.В.* Проектирование железобетонных конструкций. – Киев: Будивельник, 1990.

4. Кодекс-образец ЕКБ/ФИП для норм по железобетонным конструкциям. Том. II. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984.

5. Tamrazyan A.G. Calculation of reinforced concrete plates with hole at long-term loading // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 365 (5), 2018.

6. Tamrazyan A., Avetisyan L. Comparative analysis of analytical and experimental results of the strength of compressed reinforced concrete columns under special combinations of loads MATEC // Web of Conferences. – 86, 2016.

7. Tamrazyan A.G. The Assessment of Reliability of Punching Reinforced Concrete Beamless Slabs under the Influence of a Concentrated Force at High Temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P.715...720.

8. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С., Забегаев А.Б. Расчет конструкции на динамические специальные нагрузки. – М.: Высшая школа, 1992.

9. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Динамический расчет железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1974.

10. Тамразян А.Г., Долганов А.И., Калеев Д. И., Жихарев Ф.К., Звонков Ю.Н., Зубарева С.Э., Убыш А. К вероятностной оценке надежности железобетонных многопустотных панелей перекрытий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 4. С. 267...271.

11. NISTIR 7396. Best practice for reducing the potential for progressive collapse in buildings. NIST, 2007.

12. Ванус Д.С. Оценка безопасности железобетонных плит, опертых по контуру при техногенных воздействиях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №2.

13. Алмазов В.О., Плотников А.И., Расторгуев Б.С. Проблемы сопротивления зданий прогрессирующему разрушению // Вестник МГСУ. – 2011, № 2-1. С. 16...20.

14. Расторгуев Б.С. Методы расчета зданий на устойчивость против прогрессирующего разрушения // Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2009, № 13. С. 15...20.

15. Расторгуев Б.С. Обеспечение живучести зданий при особых динамических воздействиях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2003, №4. С. 45...48.

16. Расторгуев Б.С., Ванус Д.С. Оценка безопасности железобетонных конструкций при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // Строительство и реконструкция. – 2014, №6 (56). С.83...89.

17. Tamrazyan A.G. The Assessment of Reliability of Punching Reinforced Concrete Beamless Slabs under the Influence of a Concentrated Force at High Temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P.715...720.

18. Kabantsev O.V., Tamrazian A.G. Allowing for changes in the calculated scheme during the analysis of structural behavior // Magazine of Civil Engineering. – 49 (5), 2014. P. 15...26.

19. Расторгуев Б.С., Ванус Д.С. Расчет железобетонных конструкций по предельным состояниям с

применением вероятностного метода // Промышленное и гражданское строительство. – 2016, № 7. С.11...15.

20. Ванус Д.С. Расчет железобетонной балки на действие мгновенного импульса с учетом деформирования арматуры как вант // Строительство и реконструкция. – 2018 (январь-февраль), № 1(75).

21. Попов Н.Н., Забегаев А.В. Расчет конструкций на динамические специальные нагрузки. – 1992.

REFERENCES

1. Rastorguev B.S., Vanus D.S. Otsenka bezopasnosti zhelezobetonnykh konstruktсий pri chrezvychaynykh situatsiyakh tekhnogennogo kharaktera // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2014, №6 (56) (noyabr'-dekabr').

2. Rastorguev B.S. Dinamika zhelezobetonnykh plit pri vzyryvnykh nagruzkakh // Avarii i Katastrofy. Preduprezhdenie i likvidatsiya posledstviy. Tom 6. – М.: Izdvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov, 2003. S. 343...365.

3. Golyshyev A.B., Bachinskiy V.Ya., Polishchuk V.P., Kharchenko A.V., Rudenko I.V. Proektirovanie zhelezobetonnykh konstruktсий. – Kiev: Budivel'nik, 1990.

4. Kodeks-obrazets EKB/FIP dlya norm po zhelezobetonnykh konstruktсийam. Tom. II. – М.: NIIZhB Gosstroya SSSR, 1984.

5. Tamrazyan A.G. Calculation of reinforced concrete plates with hole at long-term loading // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 365 (5), 2018.

6. Tamrazyan A., Avetisyan L. Comparative analysis of analytical and experimental results of the strength of compressed reinforced concrete columns under special combinations of loads MATEC // Web of Conferences. – 86, 2016.

7. Tamrazyan A.G. The Assessment of Reliability of Punching Reinforced Concrete Beamless Slabs under the Influence of a Concentrated Force at High Temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P.715...720.

8. Popov N.N., Rastorguev B.S., Zabegaev A.B. Raschet konstruktсий na dinamicheskie spetsial'nye nagruзки. – М.: Vysshaya shkola, 1992.

9. Popov N.N., Rastorguev B.S. Dinamicheskiy raschet zhelezobetonnykh konstruktсий. – М.: Stroyizdat, 1974.

10. Tamrazyan A.G., Dolganov A.I., Kaleev D. I., Zhikharev F.K., Zvonov Yu.N., Zubareva S.E., Ubysh A. K veroyatnostnoy otsenke nadezhnosti zhelezobetonnykh mnogopustotnykh paneley perekrytiy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 4. S. 267...271.

11. NISTIR 7396. Best practice for reducing the potential for progressive collapse in buildings. NIST, 2007.

12. Vanus D.S. Otsenka bezopasnosti zhelezobetonnykh plit, opertykh po konturu pri tekhnogennykh vozdeystviyakh // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №2.

13. Almazov V.O., Plotnikov A.I., Rastorguev B.S. Problemy soprotivleniya zdaniy progressiruyushchemu razrusheniyu // Vestnik MGSU. – 2011, № 2-1. S. 16...20.

14. Rastorguev B.S. Metody rascheta zdaniy na ustoychivost' protiv progressiruyushchego razrusheniya // Vestnik Otdeleniya stroitel'nykh nauk Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk. – 2009, № 13. S.15...20.

15. Rastorguev B.S. Obespechenie zhivuchesti zdaniy pri obykh dinamicheskikh vozdeystviyakh // Seysmostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy. – 2003, №4. S. 45...48.

16. Rastorguev B.S., Vanus D.S. Otsenka bezopasnosti zhelezobetonnykh konstruksiy pri chrezvychaynykh situatsiyakh tekhnogennogo kharaktera // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2014, №6 (56). S. 83...89.

17. Tamrazyan A.G. The Assessment of Reliability of Punching Reinforced Concrete Beamless Slabs under the Influence of a Concentrated Force at High Temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P.715...720.

18. Kabantsev O.V., Tamrazian A.G. Allowing for changes in the calculated scheme during the analysis of structural behavior // Magazine of Civil Engineering. – 49 (5), 2014. P. 15...26.

19. Rastorguev B.S., Vanus D.S. Raschet zhelezobetonnykh konstruksiy po predel'nykh sostoyaniyam s primeneniem veroyatnostnogo metoda // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2016, № 7. S.11...15.

20. Vanus D.S. Raschet zhelezobetonnoy balki na deystvie mgnovennogo impul'sa s uchedom deformirovaniya armatury kak vant // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2018 (yanvar'-fevral'), № 1(75).

21. Popov N.N., Zabegaev A.V. Raschet konstruksiy na dinamicheskie spetsial'nye nagruzki. – 1992.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций. Поступила 16.04.19.

УДК 624.012.45

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ УЗЛОВЫХ ЗОН ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ, АРМИРОВАННЫХ ЛИСТОВОЙ И СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРОЙ

CALCULATION OF STRENGTH ON THE PROMOTION OF NODE ZONES OF REINFORCED CONCRETE PLATES REINFORCED BY SHEET AND ROD ARMATURE

А.Л. МОЧАЛОВ

A.L. MOCHALOV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: mochalov12@mail.ru

В статье рассматривается расчет прочности узловых зон железобетонных плит (фундаментной плиты, плиты перекрытия), армированных листовой и стержневой арматурой. Представлен расчет фрагмента узловой зоны этих плит с исходными данными. Показано, что сопротивление бетона срезу в стесненных условиях для фундаментной плиты, благодаря листовому армированию, повышается в 2,4 раза, а для плиты перекрытия – в 2,6 раза. Показано боковое давление – эффект "обоймы" от действия листовой арматуры. Определено значение прочности бетона на срез в зоне продавливания. Приведен расчет на срез листовой арматуры. Представлен расчет коэффициента косвенного армирования для узловой зоны.

Представлен расчет несущей способности и продавливающей силы, воспринимаемой бетоном с учетом косвенного армирования.

The article discusses the calculation of the strength of the nodal zones of reinforced concrete slabs (base slab, floor slab), reinforced sheet and core reinforcement. The calculation of the fragment of the nodal zone of these plates with the

original data is presented. It is shown that the resistance of concrete to the slice in cramped conditions for the base plate, due to sheet reinforcement, increases to 2.4 times, and for the floor plate -2.6 times. The lateral pressure-effect of the “clip” from the action of the leaf reinforcement is shown. The value of concrete strength for shear in the breakdown zone has been determined. The calculation for shear reinforcement sheet is given. The calculation of the coefficient of indirect reinforcement for the nodal zone is presented.

The calculation of the bearing capacity and the pushing force perceived by concrete with regard to indirect reinforcement is presented.

Ключевые слова: железобетонная фундаментная плита, плита перекрытия, узловая зона плиты, продавливание.

Keywords: reinforced foundation slab, floor slab, nodal zone slab, pushing.

Использование листовой арматуры для обеспечения прочности на продавливание является актуальным для зданий текстильной промышленности с большой временной нагрузкой.

Проверка прочности узловых зон плиты перекрытия и фундаментной плиты проводилась в соответствии с расчетным сочетанием усилий (РСУ) по результатам пространственного расчета каркаса и грунтового основания.

Методика расчета основывается на экспериментально-теоретических исследованиях, проведенных в период 2006-2015 гг. в МГСУ [1...3].

В рамках указанного исследования было доказано, что листовое армирование работает на срез, а также выполняет функцию косвенного армирования, создавая условия объемного сжатия под грузовой площадкой в узловых зонах железобетонных плит [4...6].

Этот же эффект, но с учетом работы бетона в стесненных условиях, а также при различных динамических нагрузках, рассмотрен в [7...10].

Различные модификации определения сопротивления узловых зон прогрессирующему разрушению различных плит исследованы в [11...15].

Рассмотрим работу фундаментной плиты (рис. 1).

Исходные данные:

- максимальное усилие от колонны каркаса $N=6295$ кН;
- толщина плиты 400 мм;
- размеры узловой зоны 2000×3000 мм;

- количество элементов листового армирования 8 шт;
- количество площадок среза (пересечений грани колонны) 8 шт;
- диаметр колонны 710 мм.

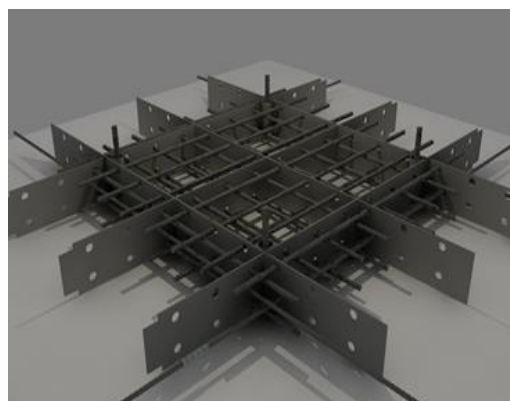


Рис. 1

Расчеты на срез листовой арматуры ведем в соответствии с СП 16.13330.2011:

$$Q_{cp} = 0,8 \cdot 1972 \cdot 0,35 \cdot 8 = 4417,28 \text{ кН.}$$

Продавливающая сила, воспринимаемая бетоном для расчетного сечения с периметром:

$$u = 2 \cdot 3,14 \cdot (0,71 + 0,35) = 6,657 \text{ м}$$

и площадью расчетного сечения бетона при продавливании:

$$A_b = u h_0 = 6,657 \cdot 0,35 = 2,34 \text{ м}^2,$$

в соответствии с СП 63.13330.2012 составит:

$$F_{b,ult} = R_{bt} A_b = 1,15 \cdot 2,33 = 2679 \text{ кН}.$$

Продавливающая сила, воспринимаемая бетоном с учетом косвенного армирования.

Коэффициент косвенного армирования для узловой зоны определяем как отношение объема листового армирования и бетона узловой зоны:

$$\mu_{sw} = \frac{V_s}{V_b} = \frac{(4 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 300 + 4 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 200)}{(40 \cdot 200 \cdot 300)} = 0,0267.$$

Площадь горизонтального сечения, ограниченного расчетным сечением:

$$A_b = \frac{(0,71 + 0,4)^2 \cdot 3,14}{4} = 0,9672 \text{ м}^2,$$

на которое действует напряжение:

$$\sigma_x = \frac{N}{A_b} = 6,49 \text{ МПа}.$$

Боковое давление – эффект "обоймы" от действия листовой арматуры:

$$\sigma_y = \mu_{sw} R_{sw} = 0,0267 \cdot 230 = 6,14 \text{ МПа}.$$

Значение прочности бетона. Срез в зоне продавливания определяем по критерию прочности:

$$R_{cp} = R_{bt} \sqrt{\left(1 + \frac{\sigma_x}{R_{bt}}\right) + \left(1 + \frac{\sigma_y}{R_{bt}}\right)},$$

$$R_{cp} = 1,15 \sqrt{\left(1 + \frac{6,4}{1,15}\right) + \left(1 + \frac{6,14}{1,15}\right)} = 4,13 \text{ МПа}.$$

Продавливающая сила, воспринимаемая бетоном с учетом косвенного армирования:

$$F_{b,ult} = R_{cp} A_b = 4,13 \cdot 6,657 \cdot 0,35 = 9,6 \text{ МН} = 9600 \text{ кН}.$$

Продавливающая сила, воспринимаемая реактивным отпором грунта.

Площадь, по которой действуют реактивные напряжения отпора грунта по ниж-

ней грани условной пирамиды продавливания:

$$A_{soil} = (0,71 + 2 \cdot 0,40)^2 \cdot \frac{3,14}{4} = 1,7899 \text{ м}^2.$$

Продавливающая сила, воспринимаемая отпором грунта:

$$F_{soil} = A_{soil} R_z = 1,7899 \cdot 0,57 = 1020 \text{ кН}.$$

Несущая способность узловой зоны продавливанию:

$$Q_{\Sigma} = Q_{cp} + F_{b,ult} + F_{soil} = 4417,28 + 9622,69 + 1020,24 = 15060,2 \text{ кН} > N = 62950 \text{ кН}.$$

Условие прочности выполнено.

Коэффициент запаса $k = 2,4$.

Рассмотрим работу плиты перекрытия (рис. 2).

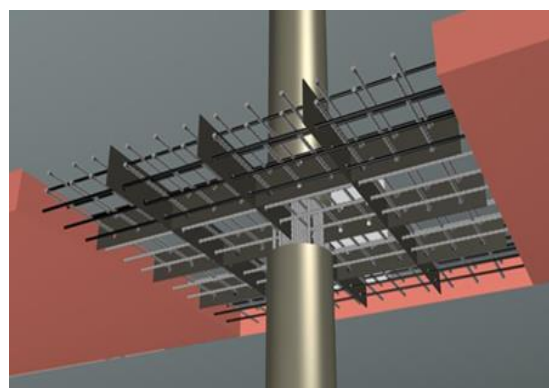


Рис. 2

Исходные данные:

- максимальное усилие от колонны каркаса $N = 2640 \text{ кН}$;
- толщина плиты 250 мм ;
- размеры узловой зоны в плане $2000 \times 3000 \text{ мм}$;
- количество элементов листового армирования 8 шт ;
- количество площадок среза (пересечений грани колонны) 8 шт ;
- диаметр колонны 500 мм .

Расчеты на срез листовой арматуры ведем в соответствии с СП 16.13330.2011:

$$Q_{cp} = 0,8 \cdot 1972 \cdot 0,22 \cdot 8 = 2776,58 \text{ кН}.$$

Продавливающая сила, воспринимаемая бетоном для расчетного сечения с периметром:

$$u = 2 \cdot 3,14 \cdot (0,5 + 0,22) = 4,522 \text{ м.}$$

Площадь расчетного сечения бетона при продавливании:

$$A_b = u h_0 = 4,522 \cdot 0,22 = 0,99484 \text{ м}^2,$$

$$\mu_{sw} = \frac{V_s}{V_b} = \frac{4 \cdot 22 \cdot 0,8 \cdot 300 + 4 \cdot 22 \cdot 0,8 \cdot 200}{22 \cdot 200 \cdot 300} = 0,0267.$$

Площадь горизонтального сечения, ограниченного расчетным сечением:

$$A_b = (0,50 + 0,22)^2 \cdot \frac{3,14}{4} = 0,40694 \text{ м}^2,$$

на которое действует напряжение:

$$\sigma_x = \frac{N}{A_b} = \frac{2640}{0,40694} = 6,49 \text{ МПа.}$$

Боковое давление – эффект "обоймы" от действия листовой арматуры:

$$\sigma_y = \mu_{sw} R_{sw} = 0,0267 \cdot 230 = 6,14 \text{ МПа.}$$

Значение прочности бетона на срез в зоне продавливания определяем по критерию прочности:

$$R_{cp} = 1,15 \sqrt{\left(1 + \frac{6,49}{1,15}\right) + \left(1 + \frac{6,14}{1,15}\right)} = 4,13 \text{ МПа.}$$

Продавливающая сила, воспринимаемая бетоном с учетом косвенного армирования:

$$F_{b,ult} = R_{cp} A_b = 4,13 \cdot 0,99484 = 4108 \text{ кН.}$$

Несущая способность узловой зоны плиты перекрытия продавливанию:

$$Q_{\Sigma} = Q_{cp} + F_{b,ult} = 2776,58 + 4108,68 = 6885,27 \text{ кН} > N = 2640,00 \text{ кН.}$$

Условие прочности выполнено.

$$F_{b,ult} = R_{bt} A_b = 1,15 \cdot 0,99484 = 1144,07 \text{ кН.}$$

Продавливающая сила, воспринимаемая бетоном с учетом косвенного армирования.

Коэффициент косвенного армирования для узловой зоны:

$$\text{Коэффициент запаса } k = \frac{688527}{264000} = 2,6.$$

В Ы В О Д Ы

1. Доля продавливающей силы, воспринимаемой листовой арматурой на срез, составляет значительную долю (до 90%) от полного значения продавливающей силы.

2. Учет косвенного армирования позволяет обеспечить предотвращение продавливания благодаря высокому значению прочности бетона на срез: $R_{cp} = 4,13 \text{ МПа}$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Отчет о НИР: Экспериментальное исследование по определению напряженно-деформированного состояния и разрушающих нагрузок толстых железобетонных плит, армированных стержневой и листовой арматурой, при воздействии локальной нагрузки. По договору: № 112-31/07 от 04.06.07 с ООО СК "Практик", ФГУП ЦНИИ им. Акад. А.Н. Крылова. – СПб, 2007.

2. Отчет о НИР: Исследование НДС железобетонной плиты при изгибе под действием локальной поперечной нагрузки методом конечных элементов по договору: № 112-31/07 от 04.06.07 с ООО СК "Практик", ФГУП ЦНИИ им. Акад. А.Н. Крылова. – СПб, 2007.

3. *Смирнов В.А.* Расчетное обоснование работы бетона в составе воротниковых зон плит перекрытий. ООО "Бюро Внедрения". – М., 2015.

4. Патент РФ на полезную модель №73891. Плитная железобетонная конструкция/Мочалов А.Л., Пекин Д.А. Заявл.20.09.2006. Опубл.10.06.2008. Бюл. №16.

5. *Грановский А.В., Мочалов А.Л.* К вопросу о прочности железобетонных плит, усиленных листовой и стержневой арматурой, при действии локальной нагрузки// ПГС. – 2017, №1. С.105...109.

6. Грановский А.В., Мочалов А.Л. Новое конструктивное решение арматурного каркаса узловых зон железобетонных плит с применением листового проката // Жилищное строительство. – 2016, №12, С.37...40.

7. Тамразян А.Г. К расчету несущей способности железобетонных колонн с учетом диаграммы деформирования ограниченного бетона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 5. С. 217...220.

8. Tamrazyan A., Avetisyan L. Comparative analysis of analytical and experimental results of the strength of compressed reinforced concrete columns under special combinations of loads // MATEC Web of Conferences. – 86, 2016, paper № 01029.

9. Tamrazyan A.G. The Assessment of Reliability of Punching Reinforced Concrete Beamless Slabs under the Influence of a Concentrated Force at High Temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P.715...720.

10. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and Theoretical Study of Reinforced Concrete Elements under Different Characteristics of Loading at High Temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P.721...725.

11. Choi K.K., Park H.G. and Kim H.M. Shear strength model for slab-column connections // J. Korea Concr. Inst. – 22, 2012. P.585...593.

12. Corely W.G. and Hawkins N.M. Shear head reinforcement for slabs // ACI J. Proc. – 65, 1968. P.811...824.

13. Park H.G., Ahn K.S., Choi K.K. et al. Lattice shear reinforcement for slab-column connections // ACI Struct. J. – 104, 2007. P.294...303.

14. Park H.G., Kim Y.N., Song J.G. et al. Lattice shear reinforcement for enhancement of slab-column connections // J. Struct. Eng. ASCE. – 137, 2012. P.425...437.

15. Park H.G., Choi K.K. and Wight J.K. Strain-based shear strength model for slender beams without web reinforcement // ACI Struct. J. – 103, 2006. P.783...793.

REFERENCES

1. Отчет о NIR: Экспериментальное исследование по определению напряженно-деформированного состояния и разрушительных нагрузок толстых железобетонных плит, армированных стержневой и листовой арматурой, при воздействии локальной нагрузки. По договору: № 112-31/07 от 04.06.07 с ООО СК "Практик", FGUP TsNII im. Akad. A.N. Krylova. – SPb, 2007.

2. Отчет о NIR: Исследование NDS железобетонной плиты при изгибе под действием локальной поперечной нагрузки методом конечных элементов по договору: № 112-31/07 от 04.06.07 с ООО СК "Практик", FGUP TsNII im. Akad. A.N. Krylova. – SPb, 2007.

3. Smirnov V.A. Raschetnoe obosnovanie raboty betona v sostave vorotnikovyykh zon плит perekrytiy. ООО "Byuro Vnedreniya". – М., 2015.

4. Patent RF na poleznuyu model' №73891. Plitnaya zhelezobetonnaya konstruktsiya/Mochalov A.L., Pekin D.A. Zayavl.20.09.2006. Opubl.10.06.2008. Byul. №16.

5. Granovskiy A.V., Mochalov A.L. K voprosu o prochnosti zhelezobetonnykh плит, usilennykh listovoy i stержnevoy armaturoy, pri deystvii lokal'noy nagruzki // PGS. – 2017, №1. S.105...109.

6. Granovskiy A.V., Mochalov A.L. Novoe konstruktivnoe reshenie armaturnogo karkasa uzlovyykh zon zhelezobetonnykh плит s primeneniem listovogo prokata // Zhilishchnoe stroitel'stvo. – 2016, №12, S.37...40.

7. Tamrazyan A.G. K raschetu nesushchey sposobnosti zhelezobetonnykh kolonn s uchetom diagrammy deformirovaniya ogranichennogo betona // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, № 5. S. 217...220.

8. Tamrazyan A., Avetisyan L. Comparative analysis of analytical and experimental results of the strength of compressed reinforced concrete columns under special combinations of loads // MATEC Web of Conferences. – 86, 2016, paper № 01029.

9. Tamrazyan A.G. The Assessment of Reliability of Punching Reinforced Concrete Beamless Slabs under the Influence of a Concentrated Force at High Temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P.715...720.

10. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and Theoretical Study of Reinforced Concrete Elements under Different Characteristics of Loading at High Temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P.721...725.

11. Choi K.K., Park H.G. and Kim H.M. Shear strength model for slab-column connections // J. Korea Concr. Inst. – 22, 2012. P.585...593.

12. Corely W.G. and Hawkins N.M. Shear head reinforcement for slabs // ACI J. Proc. – 65, 1968. P.811...824.

13. Park H.G., Ahn K.S., Choi K.K. et al. Lattice shear reinforcement for slab-column connections // ACI Struct. J. – 104, 2007. P.294...303.

14. Park H.G., Kim Y.N., Song J.G. et al. Lattice shear reinforcement for enhancement of slab-column connections // J. Struct. Eng. ASCE. – 137, 2012. P.425...437.

15. Park H.G., Choi K.K. and Wight J.K. Strain-based shear strength model for slender beams without web reinforcement // ACI Struct. J. – 103, 2006. P.783...793.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций. Поступила 16.04.19.

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ДЕФОРМАТИВНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ "КМ-ОБКЛЕЙКА"
НА ОСНОВЕ СТЕКЛОТКАНИ ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ**

**STATISTICAL ANALYSIS
OF THE DEFORMABILITY OF THE KM-PASTING COMPOUND
BASED ON PLAIN WEAVE FIBERGLASS FABRIC**

Н.В. ЛИНЬКОВ

N.V. LINKOV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: nicklinkov@gmail.com

Соединение "КМ-обклейка", выполняемое на основе эпоксидной матрицы и стеклоткани полотняного переплетения, формируется на внешних поверхностях элементов деревянных конструкций. В статье приводятся результаты испытаний образцов соединений "КМ-обклейка" при толщине композиционного материала 0,45; 0,8 и 1,2 мм, а также результаты статистической обработки прочностных и деформационных характеристик, анализ деформативности соединения "КМ-обклейка" в пределах упругой работы КМ-соединения. Оценку деформативности соединения "КМ-обклейка" выполняли по деформациям, приведенным к напряжениям среза композиционного материала на уровне верхней границы области упругой работы в виде отношения $DI-II/\sigma I-II$. Для каждой толщины композиционного материала определена максимальная деформативность соединения "КМ-обклейка" с доверительной вероятностью $P_d=0,95$. На основании экспериментальных данных получено аналитическое выражение в виде полинома второй степени для определения деформативности соединения "КМ-обклейка" в зависимости от толщины композиционного материала.

The connection "KM- pasting", performed on the basis of epoxy matrix and fiberglass plain weave, is formed on the outer surfaces of the elements of wooden structures. The article presents the results of testing samples of the "KM-pasting" compounds with a thickness of the composite material of 0.45, 0.8 and 1.2 mm, as well as the results of statistical processing of the strength and deformation characteristics of the compound KM-pasting "within the elastic work of the KM-connection. Evaluation of the deformability of the "KM-pasting" compound was performed by the deformations reduced to shear stresses of the composite material at the level of the upper boundary of the elastic work area in the form of the $DI-II / \sigma I-II$ ratio. For each thickness of the composite material, the maximum deformability of the "KM-pasting" joint was determined with a confidence level of $P_d = 0.95$. Based on the experimental data, an analytical expression was obtained in the form of a second-degree polynomial for determining the deformability of the "KM-pasting" compound depending on the thickness of the composite material.

Ключевые слова: композиционный материал, стеклоткань полотняного переплетения, матрица на основе эпоксидной смолы ЭД-20, соединение "КМ-обклейка", верхняя граница области упругой работы, напряжения среза, деформативность соединения, доверительная вероятность, адгезионные связи.

Keywords: composite material, fiberglass of plain weave, matrix based on epoxy resin ED-20, KM-pasting compound, upper bound of elastic work area, shear stresses, connection deformability, confidence probability, adhesive bonds.

Соединения деревянных элементов композиционными материалами с применением эпоксидных клеевых составов [1...7] активно внедряются в практику создания новых и усиления существующих деревянных конструкций. Соединение "КМ-обклейка", разработанное в НИУ МГСУ и выполняемое на основе эпоксидной матрицы и стеклоткани, формируется на внешних поверхностях элементов деревянных конструкций [8]. Композиционный материал в соединении "КМ-обклейка" включает матрицу холодного отверждения на основе эпоксидной смолы ЭД-20 и армирующую составляющую в виде стеклоткани Т-13 полотняного переплетения толщиной 0,27 мм. При одном слое стеклоткани получают обклейку толщиной 0,45 мм, при двух и трех слоях стеклоткани – 0,8 и 1,2 мм соответственно.

Цель работы – статистический анализ деформативности соединения "КМ-обклейка" при различной толщине композиционного материала в соединении.

Деформации соединения "КМ-обклейка" зависят от наличия и эффективности адгезионных связей между эпоксидной матрицей и контактной поверхностью деревянного элемента, а также от физико-механических характеристик и толщины композиционного материала (КМ) в шве сплачивания [1], [9], [10]. Для статистической оценки деформативности соединения "КМ-обклейка" проводили испытания образцов соединений при толщине композиционного материала $t_{\text{км}} = 0,45; 0,8$ и $1,2$ мм. При этом использовали полученные автором данные [1], [11], [12], а также результаты испытаний дополнительной серии образцов так, что на каждую толщину композиционного материала в соединениях "КМ-обклейка"

$t_{\text{км}} = 0,45; 0,8$ и $1,2$ мм было испытано по 12 образцов. Образцы симметричные, двухсрезовые, из досок сечением 40×90 мм после строжки. Рабочая площадь участка обклейки композиционным материалом с одной стороны каждого образца составила 120×150 мм, длина каждого шва 150 мм, суммарная длина рабочих швов в образце 600 мм.

Разрушение образцов носило хрупкий характер и сопровождалось срезом композиционного материала по швам сплачивания, а также отрывом КМ-обклейки вследствие нарушения адгезионных связей между композиционным материалом и поверхностью деревянного элемента. Определение несущей способности соединений "КМ-обклейка" проводили по методике ЦНИИСК в соответствии с ГОСТ 33082–2014 "Конструкции деревянные. Методы определения несущей способности узловых соединений". Поскольку в работе выполняли оценку деформаций КМ-соединения, то для определения расчетной несущей способности образцов принимали нагрузку N_{I-II} , соответствующую верхней границе области упругой работы соединения "КМ-обклейка", которая определяется по критерию деформативности. Согласно принятой методике для оценки несущей способности соединения по нагрузке N_{I-II} коэффициент надежности требуемый составляет $K_{I-II} = 1,3$, и расчетная несущая способность N_n образцов соединения составит $N_n = N_{I-II} / K_{I-II} = N_{I-II} / 1,3$. Результаты испытаний образцов соединений "КМ-обклейка", включая деформации соединения при достижении образцом верхней границы области упругой работы D_{I-II} и на уровне расчетной несущей способности соединения D_{Nn} , представлены в табл. 1, а графики деформаций соединений – на рис. 1.

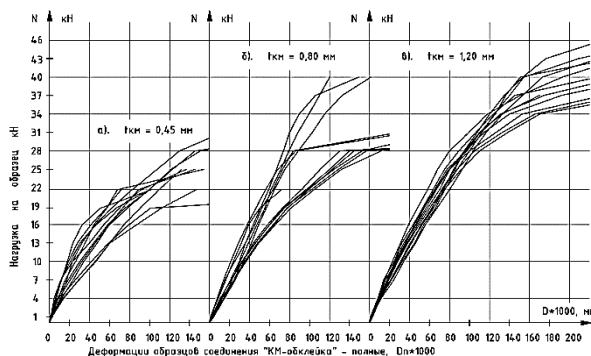


Рис. 1

Сопротивление сдвигу определяли из условия работы КМ-соединения на срез

$\sigma_{\text{срез}} = \frac{N_{\text{срез}}}{n_{\text{ср}}(L_{\text{шва}}t_{\text{КМ}})}$, где $n_{\text{ср}} = 4$ – количество срезов композиционного материала в образце; $L_{\text{шва}} = 150$ мм – длина шва в одном срезе образца, $(L_{\text{шва}}t_{\text{КМ}})$ – площадь поперечного сечения композиционного материала на 1 срез КМ в образце; $N_{\text{срез}} = N_{\text{I-II}}$ для $\sigma_{\text{I-II}}$ и $N_{\text{срез}} = N_{\text{II}}$ для σ_{II} . Деформативность соединения "КМ-обклейка" оценивали на уровне верхней границы области упругой работы по абсолютным значениям деформаций $D_{\text{I-II}}$ и по деформациям, приведенным к напряжениям среза композиционного материала в виде отношения $D_{\text{I-II}}/\sigma_{\text{I-II}}$.

Т а б л и ц а 1

Обозначение	$N_{\text{I-II}}$, кН	N_{II} , кН	$D_{\text{I-II}}$, мм·10 ⁻³	D_{II} , мм·10 ⁻³	$\sigma_{\text{I-II}}$, МПа	σ_{II} , МПа	$(D_{\text{I-II}}/\sigma_{\text{I-II}})$ (мм/МПа)·10 ⁻³
1. КМ-обклейка, $t_{\text{КМ}}=0,45$ мм, 12 образцов							
min	16,00	12,31	36,10	27,77	59,26	45,58	0,61
max	19,00	14,62	90,00	69,23	70,37	54,13	1,45
Среднее	16,88	12,98	65,12	50,09	62,50	48,08	1,03
2. КМ-обклейка, $t_{\text{КМ}}=0,8$ мм, 12 образцов							
min	16,00	12,31	42,50	32,69	33,33	25,64	1,20
max	22,00	16,92	80,86	62,20	45,83	35,26	2,04
Среднее	19,50	15,00	65,07	50,05	40,63	31,25	1,61
3. КМ-обклейка, $t_{\text{КМ}}=1,2$ мм, 12 образцов							
min	22,00	16,92	64,43	49,56	30,56	23,50	1,94
max	25,00	19,23	91,88	70,67	34,72	26,71	2,65
Среднее	24,75	19,04	79,49	61,15	34,38	26,44	2,31

Из табл. 1 видно, что при увеличении толщины композиционного материала в соединении сопротивление срезу $\sigma_{\text{I-II}}$ и σ_{II} уменьшается: при увеличении толщины КМ-обклейки практически в 2 раза $\sigma_{\text{I-II}}$ и σ_{II} уменьшаются в 1,54 раза, при увеличении толщины обклейки в 3 раза $\sigma_{\text{I-II}}$ и σ_{II} уменьшаются в 1,82 раза. Это показывает, что увеличение толщины композиционного материала усложняет работу и характер разрушения КМ-соединения вследствие того, что несущая способность КМ-обклейки "на срез" возрастает и начинает проявляться фактор разрушения адгезионных связей между композиционным материалом и деревянными элементами КМ-соединения.

В табл. 2 представлены результаты статистической обработки прочностных и де-

формационных характеристик соединения "КМ-обклейка".

Из табл. 2 следует, что в пределах упругой работы деформативность соединения "КМ-обклейка" ($D_{\text{I-II}}/\sigma_{\text{I-II}}$) возрастает с увеличением толщины композиционного материала. Одновременно для деформационных характеристик соединения с увеличением толщины композиционного материала увеличивается достоверность полученных результатов: вариационные коэффициенты и соответственно изменчивость деформационных показателей соединения уменьшаются в 1,2...1,5 раза при увеличении толщины КМ-обклейки от 0,45 до 0,8 мм и в 2,75...2,9 раза при увеличении толщины КМ-обклейки от 0,45 до 1,2 мм.

№ п/п	Показатели статистической обработки	Обозначение	Исследуемые свойства			
			N _{I-II} , кН	D _{I-II} , мм·10 ⁻³	σ _{I-II} , МПа	D _{I-II} /σ _{I-II}
1. КМ-обклейка, t _{км} =0,45 мм, n=12 образцов						
1	Среднее арифметическое	M	16,88	65,1	62,50	1,03
2	Среднее квадр. отклонение	S	1,189	19,4	4,405	0,278
3	Вариационный коэффициент	v, %	0,070	0,30	0,070	0,269
4	Средняя ошибка ср. арифметич.	m	0,343	5,60	1,272	0,080
5	Показатель точности	ρ, %	2,03	8,59	2,03	7,77
2. КМ-обклейка, t _{км} =0,8 мм, n=12 образцов						
6	Среднее арифметическое	M	19,50	65,07	40,63	1,61
7	Среднее квадр. отклонение	S	2,056	13,290	4,28	0,354
8	Вариационный коэффициент	v, %	0,105	0,204	0,105	0,220
9	Средняя ошибка ср. арифметич.	m	0,594	3,836	1,237	0,102
10	Показатель точности	ρ, %	3,04	5,90	3,04	6,35
3. КМ-обклейка, t _{км} =1,2 мм, n=12 образцов						
1	Среднее арифметическое	M	24,75	79,49	34,38	2,31
2	Среднее квадр. отклонение	S	0,866	8,604	1,203	0,216
3	Вариационный коэффициент	v, %	0,035	0,108	0,035	0,094
4	Средняя ошибка ср. арифметич.	m	0,250	2,484	0,347	0,062
5	Показатель точности	ρ, %	1,01	3,12	1,01	2,70

На основании полученных статистических данных по формуле

$$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \geq 3 + \frac{6}{n - 4}$$

оценили достоверность разницы между деформативностью соединения "КМ-обклейка" (D_{I-II}/σ_{I-II}) на уровне верхней границы области упругой работы для КМ-соединений с различной толщиной композиционного материала: для соединений с толщиной t_{км}=0,45 мм и 0,8 мм: $\frac{1,61-1,03}{\sqrt{1,237^2+1,272^2}} = 4,45 > 3+6/(12-4)=3,75$ – достоверность разницы показателей деформативности соединения "КМ-обклейка" подтверждается; для толщин t_{км}=0,8 мм и 1,2 мм: $\frac{2,31-1,61}{\sqrt{0,062^2+0,102^2}} = 5,83 > 3,75$ – достоверность разницы показателей деформативности соединения "КМ-обклейка" подтверждается.

Для каждой толщины композиционного материала определена нормативная максимальная деформативность соединения "КМ-обклейка" с доверительной вероятностью P_d=0,95 – как отношение максимальной вероятной деформации D_{I-II} к максимальному

и минимальному сопротивлению срезу композиционного материала σ_{I-II} по формулам:

$$Def_{I-II}^{\max} = \frac{D_{\text{средн}}(1+\eta_n v_D)}{\sigma_{\text{средн}}(1-\eta_n v_\sigma)},$$

$$Def_{I-II}^{\min} = \frac{D_{\text{средн}}(1+\eta_n v_D)}{\sigma_{\text{средн}}(1+\eta_n v_\sigma)},$$

где D_{средн} – среднее арифметическое деформаций D_{I-II}, σ_{средн} – среднее арифметическое напряжений среза КМ-обклейки σ_{I-II}; η_n=1,65 – квантиль предполагаемой статистической функции распределения с обеспеченностью 0,95; v_D и v_σ – коэффициенты вариации деформаций D_{I-II} и показателей прочности σ_{I-II}. Результаты вычислений представлены в табл. 3. Максимальная вероятная деформативность соединения "КМ-обклейка" при толщине t_{км}=0,45 мм составила 1,76·10⁻³ мм, при толщине t_{км}=0,8 мм – 2,59·10⁻³ мм, при толщине t_{км}=1,2...2,89·10⁻³ мм на 1 МПа напряжений среза композиционного материала. На основании данных табл. 3 получено следующее выражение в виде полинома второй степени для определения деформативности соединения "КМ-обклейка" в зависимости от толщины композиционного материала:

$$Def_{\text{км}} = 0,895 \cdot 10^{-3} t_{\text{км}}^2 + 0,1095 \cdot 10^{-3} t_{\text{км}} + 1,1595 \cdot 10^{-3}.$$

На основании полученной зависимости установлены теоретические значения деформативности соединения "КМ-обклейка" при толщине композиционного материала в соединении $t_{\text{КМ}} = 1,6...3,2$ мм, то есть до 8

слоев стеклоткани. Результаты вычислений представлены в табл. 3 (характеристики деформативности соединения "КМ-обклейка" при доверительной вероятности $P_d=0,95$).

Т а б л и ц а 3

$t_{\text{КМ}}$, мм	$D_{I-II \text{ max}}$, мм·10 ⁻³	σ_{max} , МПа	σ_{min} , МПа	$\frac{D_{I-II \text{ max}}}{\sigma_{\text{max}}}$	$\frac{D_{I-II \text{ max}}}{\sigma_{\text{min}}}$
0,45	97,10	69,77	55,23	$1,39 \cdot 10^{-3}$	$1,76 \cdot 10^{-3}$
0,80	86,99	47,69	33,56	$1,82 \cdot 10^{-3}$	$2,59 \cdot 10^{-3}$
1,2	93,69	36,36	32,39	$2,58 \cdot 10^{-3}$	$2,89 \cdot 10^{-3}$
Расчетные значения по формуле					
$Def_{\text{КМ}} = 0,895 \cdot 10^{-3} t_{\text{КМ}}^2 + 0,1095 \cdot 10^{-3} t_{\text{КМ}} + 1,1595 \cdot 10^{-3}$					
2,0				$3,63 \cdot 10^{-3}$	
2,8				$4,96 \cdot 10^{-3}$	
3,2				$6,58 \cdot 10^{-3}$	

В Ы В О Д Ы

На основании проведенных испытаний и выполненных расчетов установлено следующее.

1. Деформации сдвига соединения "КМ-обклейка" на основе эпоксидной матрицы и стеклоткани полотняного переплетения при толщине композиционного материала от $t_{\text{КМ}}=0,45$ до 1,2 мм составили на уровне верхней границы области упругой работы соединения не более $D_{I-II} \leq 0,0092$ мм, что показывает пригодность КМ-соединений для применения в несущих и ограждающих строительных конструкциях из цельной и клееной древесины.

2. Проведенные испытания и характер изменения несущей способности образцов соединения "КМ-обклейка" показали, что увеличение толщины композиционного материала от $t_{\text{КМ}}=0,45$ до 1,2 мм усложняет работу и меняет характер разрушения соединения "КМ-обклейка", поскольку несущая способность КМ-обклейки "на срез" возрастает и проявляется фактор разрушения адгезионных связей между композиционным материалом и деревянными элементами КМ-соединения.

3. Увеличение толщины композиционного материала от $t_{\text{КМ}}=0,45$ до 1,2 мм приводит к увеличению деформативности соединения в 1,65...1,85 раза, что подтверждается статистической оценкой достоверности разницы между средними значениями показателей деформативности соединения "КМ-обклейка" с различной толщиной композиционного материала.

4. Установлены с доверительной вероятностью $P_d=0,95$ максимальные показатели деформативности соединения "КМ-обклейка" для различной толщины композиционного материала. Максимальная вероятная деформативность соединения "КМ-обклейка" при толщине $t_{\text{КМ}} = 0,45$ мм составила $1,76 \cdot 10^{-3}$ мм, при толщине $t_{\text{КМ}} = 0,8$ мм – $2,59 \cdot 10^{-3}$ мм, при толщине $t_{\text{КМ}} = 1,2$ мм – $2,89 \cdot 10^{-3}$ мм на 1 МПа напряжений среза композиционного материала.

5. Для определения деформативности соединений КМ-обклейка в зависимости от толщины композиционного материала получено аналитическое выражение в виде полинома второй степени, на основании которого определены показатели деформативности соединения "КМ-обклейка" для многослойного композиционного материала.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Линьков Н.В.* Соединения деревянных конструкций композиционным материалом на основе эпоксидной матрицы и стеклоткани // Серия Библиотека научных разработок и проектов. – М.: МГСУ, 2012.
2. *Рощина С.И., Сергеев М.С., Грибанов А.С., Марков С.В., Кустикова Ю.О.* Исследование моделей цельнодеревянных балок, симметрично усиленных стеклотканью на модифицированном эпоксидном олигомере // Естественные и технические науки. – 2014, № 9-10 (77). С. 378...380.
3. *Волик А.Р., Дунникова О.В.* Работа деревянных элементов с усилением поперечного сечения композитными тканями // Перспективы развития строительного комплекса. – 2014. С. 329...334.
4. *Стоянов В.О., Погорельцев А.А.* Исследования балки, армированной полимерными композитами на участках с максимальными нормальными и касательными напряжениями // Строительная механика и расчет сооружений. – 2018, № 3 (278). С.70...74.

5. Лобов Д.М., Крицин А.В., Тихонов А.В. Особенности армирования деревянных элементов, усиленных углеродным волокном, при статическом изгибе // Изв. Казанского гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2013, № 2 (24). С. 132...138.

6. Глухих В.Н., Петров В.М., Худаев Е.В. Усиление элементов конструкций наклейкой композиционных материалов в сжатой и растянутой зоне // Вестник Гос. ун-та морск. и речн. флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2017. Т. 9, № 6. С. 1273...1281.

7. Пономарев А.Н. Гибридные древесно-полимерные композиты в строительстве // Инженерно-строительный журнал. – 2016, № 8 (68). С. 45...57.

8. Линьков Н.В. Применение стеклоткани полотняного переплетения в композиционном материале для усиления деревянных конструкций // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С. 75...80.

9. Линьков Н.В. К вопросу о применении композиционных материалов на тканевой основе в деревянных конструкциях составного сечения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 3. С. 103...108.

10. Линьков Н.В. Соединение "КМ-обклейка" для составных деревянных балок // Научное обозрение. – 2016, № 17. С. 10...15.

11. Линьков Н.В. Определение толщины композиционного материала в соединении деревянных элементов "КМ-Обклейка" // Вестник МГСУ. – 2012, № 8. С. 125...130.

12. Линьков Н.В. Определение параметров соединения "КМ-обклейка" для деревянных элементов составного сечения // Промышленное и гражданское строительство. – 2014, № 9. С. 47...50.

13. Пономарев А.Н. Составные древесно-полимерные композиционные материалы в промышленно-гражданском строительстве // Инженерно-строительный журнал. – 2016, № 8 (68). С. 45...57.

14. Данилов А.И., Калугин И.А. Усиление растянутых элементов полимерами на основе высокопрочного волокна // Промышленное и гражданское строительство. – 2018, № 12. С. 25...31.

15. Ибрагимов А.М., Кустов А.А., Мокин Н.А. Экспериментальное и численное исследование напряженно-деформированного состояния технической ткани с покрытием, работающей в составе строительной конструкции в форме гиперболического параболоида // Промышленное и гражданское строительство. – 2018, № 7. С. 35...42.

REFERENCES

1. Lin'kov N.V. Soedineniya derevyannykh konstruktсий kompozitsionnym materialom na osnove epoksidnoy matritsy i steklotkani // Seriya Biblioteka nauchnykh razrabotok i projektov. – M.: MGSU, 2012.

2. Roshchina S.I., Sergeev M.S., Gribanov A.S., Markov S.V., Kustikova Yu.O. Issledovanie modeley tsel'noderevyannykh balok, simmetrichno usilennykh steklotkan'yu na modifitsirovannom epoksidnom oligomere // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2014, №9-10 (77). С. 378...380.

3. Volik A.R., Dunnikova O.V. Rabota derevyannykh elementov s usileniem poperechnogo secheniya kompozitnymi tkanyami // Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa. – 2014. S. 329...334.

4. Stoyanov V.O., Pogorel'tsev A.A. Issledovaniya balki, armirovannoy polimernymi kompozitami na uchastkakh s maksimal'nymi normal'nymi i kasatel'nymi napryazheniyami // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. – 2018, № 3 (278). S.70...74.

5. Lobov D.M., Kritsin A.V., Tikhonov A.V. Osobennosti armirovaniya derevyannykh elementov, usilennykh uglerodnym voloknom, pri staticheskom izgibe // Izv. Kazanskogo gos. arkhitekt.-stroit. un-ta. – 2013, № 2 (24). С. 132...138.

6. Glukhikh V.N., Petrov V.M., Khudaev E.V. Usilenie elementov konstruktсий nakleykoy kompozitsionnykh materialov v szhatoy i rastyanutoy zone // Vestnik Gos. un-ta morsk. i rechn. flota im. admirala S.O. Makarova. – 2017. Т. 9, № 6. С. 1273...1281.

7. Ponomarev A.N. Gibridnye drevesno-polimernye kompozity v stroitel'stve // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. – 2016, № 8 (68). С. 45...57.

8. Lin'kov N.V. Primenenie steklotkani polotnyanogo perepleteniya v kompozitsionnom materiale dlya usileniya derevyannykh konstruktсий // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, №3. S.75...80.

9. Lin'kov N.V. K voprosu o primenenii kompozitsionnykh materialov na tkanevoy osnove v derevyannykh konstruktсийakh sostavnogo secheniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 3. С. 103...108.

10. Lin'kov N.V. Coedinenie "КМ-obkleyka" dlya sostavnykh derevyannykh balok // Nauchnoe obozrenie. – 2016, № 17. С. 10...15.

11. Lin'kov N.V. Opredelenie tolshchiny kompozitsionnogo materiala v soedinenii derevyannykh elementov "КМ-obkleyka" // Vestnik MGSU. – 2012, №8. С. 125...130.

12. Lin'kov N.V. Opredelenie parametrov soedineniya "КМ-obkleyka" dlya derevyannykh elementov sostavnogo secheniya // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2014, № 9. С. 47...50.

13. Ponomarev A.N. Sostavnye drevesno-polimernye kompozitsionnye materialy v promyshlennno-grazhdanskom stroitel'stve // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. – 2016, № 8 (68). С. 45...57.

14. Danilov A.I., Kalugin I.A. Usilenie rastyanutykh elementov polimerami na osnove vysokoprochnogo volokna // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2018, № 12. С. 25...31.

15. Ibragimov A.M., Kustov A.A., Mokin N.A. Ekspерименталь'noe i chislennoe issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya tekhnicheskoy tkani s pokrytiem, rabotayushchey v sostave stroitel'noy konstruktсий v forme giperbolicheskogo paraboloida // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2018, №7. С.35...42.

Рекомендована кафедрой металлических и деревянных конструкций. Поступила 16.04.19.

БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

WORK SAFETY IN UPGRADING OF ENTERPRISES TEXTILE INDUSTRY

E.V. MERKULOVA

E.V. MERKULOVA

(Курский государственный университет)

(Kursk State University)

E-mail: mer.ev@yandex.ru

Обозначены потенциальные опасности при монтаже и наладке технологического оборудования на предприятиях текстильной промышленности. Предложена оценка рисков и возможных несчастных случаев при проведении технического перевооружения предприятий текстильного комплекса. Разработана методология мероприятий по обеспечению безопасного процесса монтажа и пусконаладки вновь монтируемого технологического оборудования.

Potential hazards during installation and adjustment of technological equipment in the textile industry are indicated. The assessment of risks and possible accidents during technical re-equipment of textile enterprises is offered. The methodology of measures to ensure the safe process of installation and commissioning of newly installed technological equipment has been developed.

Ключевые слова: производственный риск, несчастный случай, травматизм, пусконаладочные работы, модернизация, оценка риска.

Keywords: production risk, accident, injuries, commissioning, modernization, risk assessment.

Современное техническое оснащение текстильной отрасли связано с заменой оборудования и технологии производства. Обеспечение безопасности труда на предприятиях текстильной промышленности имеет определенную специфику [1], [2]. Процесс перевооружения связан с пусконаладочными работами. Причинами травматизма при отладке оборудования являются несоблюдение работниками установленных требований охраны труда (более 75% от общего количества несчастных случаев) и проведение отладки оборудования с нарушением технической документации. Пусконаладочным работам сопутствует высокая степень производственного риска, что делает необхо-

димым выделить пусконаладочные работы в самостоятельный этап технологического процесса. Оценку рисков выполняют в соответствии с Руководством по оценке профессионального риска для здоровья работников (Руководство Р 2.2.–2003) и в соответствии с Руководством Р 2.2.2006–05 "Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса", а также категории доказанности риска в соответствии с Руководством Р 2.2.–2003. Мерой риска является класс условий труда, мерой доказанности риска – его категория: 1А (доказанный), 1Б (предполагаемый) или

2 (подозреваемый). Производственные риски на стадии комплексного опробования оборудования, проводимые обслуживающим персоналом, оцениваются как второй категории – подозреваемые. Статистика расследования таких случаев на текстильном оборудовании показывает высокий уровень риска при пусконаладочных работах.

Все несчастные случаи, которые имеют место с работниками в процессе выполнения ими своих трудовых обязанностей, подлежат обязательному расследованию и учету в установленном порядке. Такой же порядок распространяется на несчастные случаи с работниками при выполнении ими иных разовых правомерных действий по поручению работодателя. Действующие нормативные акты не конкретизируют действия работника, которые определяются как иные действия, выполняемые в интересах работодателя. При проведении реконструкции текстильного предприятия могут привлекаться работники, для которых данная работа не является обязательной, а относится именно к иным правомерным действиям, совершаемым в интересах работодателя с учетом определенных обстоятельств.

Оценка правомерности действия работника должна выполняться для каждого конкретного случая, действия работника обусловлены трудовыми отношениями с работодателем или являются разовыми правомерными действиями по поручению работодателя.

Подлежат несчастные случаи на производстве, имеющие место:

- при непосредственном исполнении трудовых обязанностей на рабочем месте, при передвижении по территории предприятия, если это связано с выполнением трудовых обязанностей, на других участках предприятия при осуществлении иных действий, выполняемых в интересах работодателя;

- при нахождении работника в служебной командировке, при следовании работника к месту постоянной работы и обратно, при следовании к месту выполнения иных действий, выполняемых в интересах работодателя и обратно.

Отмеченные причины имеют место при техническом перевооружении предприятия,

в частности, в период комплексного испытания технологического оборудования при пусконаладочных работах. На предприятиях текстильного комплекса планом развития предусматривается техническое перевооружение, замена действующего оборудования на новое. Завершающим этапом монтажа и ввода в эксплуатацию нового, смонтированного оборудования являются пусконаладочные работы. Комплекс пусконаладочных работ включает проверку отдельных машин и технологических линий в целом, настройку оборудования, испытания смонтированного оборудования с целью подтверждения проектных параметров и режимов. В пусконаладочных работах принимают участие работники базового предприятия, на котором проводится техническое перевооружение с установкой нового оборудования, и работники организации, поставляющей новое оборудование.

При пусконаладке технологического оборудования работники базового предприятия осуществляют деятельность, которую следует определить как иные разовые правомерные действия по поручению работодателя. В этом случае для работников базового предприятия работодатель разрабатывает документацию по охране труда, в основе которой лежат документы по охране труда при выполнении своих трудовых обязанностей на постоянном рабочем месте. Работники предприятия, которое поставило оборудование, при выполнении пусконаладочных работ, как правило, находятся в служебной командировке и работают на территории других организаций, вне территории собственного предприятия. Предприятие-поставщик оборудования для своих работников разрабатывает документацию по охране труда с учетом отмеченных факторов. Таким образом, при выполнении пусконаладочных работ в производственном процессе принимают участие работники базового предприятия и предприятия-поставщика оборудования. Каждое из предприятий как работодатель разрабатывает документацию по охране труда для своих работников. Документы по охране труда на предприятиях, участвующих в пусконаладке оборудования, не взаимосвязаны, не учитывают совместную

работу работников разных организаций на одной площадке. Такое положение может спровоцировать несчастные случаи при пусконаладочных работах, также затрудняется расследование несчастных случаев.

Автором проведено расследование несчастного случая, произошедшего на текстильном предприятии по выпуску технических тканей в период пусконаладочных работ. Расследование проведено в соответствии с положениями действующих нормативных документов [3...6]. На текстильных предприятиях безопасность труда производственного персонала, эксплуатирующего технологическое оборудование, обеспечивается повышенными требованиями в должностных обязанностях при работе со стационарным оборудованием [7], [8]. Однако эта отлаженная система организации охраны труда не распространяется предприятиями при пусконаладочных работах. Выявлены причины травмирования персонала при пусконаладочных работах: отсутствие защитных ограждений на подвижных элементах оборудования. При эксплуатации оборудования проектная документация предусматривает установку ограждений на подвижных элементах оборудования для предотвращения несчастных случаев. При пусконаладочных работах защитные ограждения работниками не были установлены, работники решили, что защитные ограждения будут мешать действиям по отладке оборудования. Требования по установке защитного ограждения в документах по охране труда отсутствовали.

Анализ документации, представленной базовым предприятием и предприятием-поставщиком оборудования, выявил наличие рисков для работников. Пусконаладочные работы выполнялись без закрепления за руководящим персоналом обязательных требований безопасности. На предприятии отсутствовали временные инструкции по охране труда на проведение пусконаладочных работ, также отсутствовали какие-либо технические документы, определяющие порядок проведения пусконаладочных работ. Руководство базового предприятия подошло к участию своих работников в пусконаладочных работах как к выполнению ими

своих трудовых обязанностей с применением документов по охране труда при работе со стационарным оборудованием. Фактически работник выполнял иные разовые правомерные действия по поручению работодателя, но при этом не были разработаны документы по охране труда, учитывающие специфику пусконаладочных работ на текстильном предприятии, а именно не проведен инструктаж перед началом работ, не разработаны временные инструкции на период пусконаладочных работ. Одной из причин сложившейся ситуации является отсутствие общеотраслевых нормативных документов по организации пусконаладочных работ. В отдельных документах приводятся общие указания по проведению пусконаладочных работ. Так, в Регламенте [4] сказано, что дефекты, выявленные в процессе пусконаладочных работ, должны быть устранены заказчиком при соответствующей квалификации работников. Указывая требования к квалификации работников, документ не дает указаний по организации охраны труда, можно лишь предположить – соответствующая квалификация обеспечивает и соответствующий уровень подготовки, и аттестации по вопросам охраны труда, также наличие факторов, определяющих безопасность труда при выполнении производственных процессов [9].

При разработке документов по охране труда при пусконаладочных работах необходимо проанализировать технологический процесс монтажа оборудования, состав работ по пусконаладке оборудования и период испытания оборудования. Результатом такого анализа должно стать выявление характерных опасностей для периода пусконаладочных работ, отличных от опасностей периода эксплуатации оборудования, учтенных в документах по охране труда при работе со стационарным оборудованием. Причем необходимо отметить, что опасность необходимо конкретизировать для каждого вида технологического оборудования и каждого этапа пусконаладочных работ с оценкой характера потенциального повреждения. Например, электрическая опасность с возможностью поражения электрическим током,

механическая опасность с возможностью травмирования работника и другие.

Необходимо установить, что основная ответственность за безопасность пусконаладочных работ лежит на базовом предприятии, как на организаторе производственного процесса. На основании анализа возможных опасностей при пусконаладочных работах базовое предприятие с привлечением организации-поставщика оборудования разрабатывает комплекс мероприятий по обеспечению охраны труда на период пусконаладки. Эти мероприятия являются обязательными для исполнения работниками базового предприятия и организации-поставщика оборудования, занятыми в пусконаладочных работах.

На основании результатов расследования несчастного случая на текстильном предприятии по выпуску технических тканей в период пусконаладочных работ выявлены причины и разработаны предложения по составу мероприятий по охране труда при пусконаладочных работах:

- разработка временных инструкций по охране труда на выполнение пусконаладочных работ;

- обучение персонала базового предприятия и организации-поставщика оборудования, занятого в пусконаладочных работах, по программам, разработанным с учетом специфики пусконаладочных работ;

- разработка информационного обеспечения пусконаладочных работ, разработка схем установки указателей опасных зон и предупреждающих надписей;

- разработка схем установки элементов защиты персонала при проведении пусконаладочных работ;

- определение индивидуальных средств защиты от производственных факторов, имеющих место при пусконаладочных работах.

Мероприятия по охране труда при проведении пусконаладочных работ разрабатывает и после согласования с организацией-поставщиком оборудования утверждает базовое предприятие, мероприятия являются обязательными для работников всех организаций, занятых в пусконаладочных работах. Особое значение приобретает обучение персонала базового предприятия и органи-

зации-поставщика оборудования, занятого в пусконаладочных работах, которое должно проводится по единым программам. Рекомендуется применение современных обучающих технологий [10], [11]. При разработке мероприятий по охране труда организация-поставщик оборудования предоставляет полную техническую информацию о технологическом оборудовании, о порядке пусконаладочных работ [12].

В Ы В О Д Ы

1. Пусконаладочные работы при монтаже технологического оборудования на текстильном предприятии имеют специфические особенности, которые не учтены в общих нормативных документах по организации охраны труда. При организации пусконаладочных работ отсутствуют единые подходы к разработке мероприятий по охране труда, что является одной из причин неправильной оценки производственных рисков и производственного травматизма.

2. Разработаны предложения по составу мероприятий по охране труда при пусконаладочных работах, включающие документальное, информационное, техническое, кадровое сопровождение пусконаладочных работ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Туманова Н.И., Худякова Е.О. О совершенствовании состояния условий труда в текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №5. С.173...176.

2. Туманова Н.И., Худякова Е.О. Обеспечение безопасности труда человека в текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №3. С.217...220.

3. СП 76.13330.2016. Свод правил. Электротехнические устройства. Electrical systems. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85. Дата введения 2017-06-17.

4. Технический регламент о безопасности машин и оборудования. Утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2009 г., № 753.

5. ГОСТ Р 54124–2010. Национальный стандарт РФ "Безопасность машин и оборудования. Оценка риска" Safety of machinery and equipment. Risk assessment; дата введения 2012-06-01.

6. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных

отраслях и организациях. Утверждено Постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 24 октября 2002 г., № 73.

7. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197 - ФЗ (ред. от 01.04.2019) п. 4 ч. 2 ст. 22, ст. 212.

8. Постановление Минтруда России от 08.02.2000 № 14 (ред. от 12.02.2014) "Об утверждении Рекомендаций по организации работы Службы охраны труда в организации".

9. Кузьмина С.О. Охрана труда на предприятии // Молодой ученый. – 2018, №21. С. 259...262. – URL <https://moluch.ru/archive/207/50601/> (дата обращения: 12.07.2019).

10. Березина Е.С. Управление охраной труда в России: проблемы и пути их решения // Основы экономики, управления и права. – 2013, №1 (7). С.83...85.

11. Фролов О.П. Современные проблемы повышения качества системы обучения работников в области охраны труда // Кадры предприятия. – 2011, №7. С. 34...39.

12. Правила по охране труда при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования, утвержденные приказом Минтруда России от 23.06.2016 г. № 310н.

REFERENCES

1. Tumanova N.I., Khudyakova E.O. O sovershenstvovanii sostoyaniya usloviy truda v tekstil'noy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, №5. S.173...176.

2. Tumanova N.I., Khudyakova E.O. Obespechenie bezopasnosti truda cheloveka v tekstil'noy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №3. S.217...220.

3. SP 76.13330.2016. Svod pravil. Elektrotekhnicheskies ustroystva. Electrical systems. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 3.05.06-85. Data vvedeniya 2017-06-17.

4. Tekhnicheskiy reglament o bezopasnosti mashin i oborudovaniya. Utverzhden Postanovleniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 15 sentyabrya 2009 g., № 753.

5. GOST R 54124–2010. Natsional'nyy standart RF "Bezopasnost' mashin i oborudovaniya. Otsenka riska" Safety of machinery and equipment. Risk assessment ; data vvedeniya 2012-06-01.

6. Polozhenie ob osobennostyakh rassledovaniya neschastnykh sluchaev na proizvodstve v otdel'nykh otraslyakh i organizatsiyah. Utverzhdeno Postanovleniem Ministerstva truda i sotsial'nogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 24 oktyabrya 2002 g., № 73.

7. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 30.12.2001 № 197 - FZ (red. ot 01.04.2019) p. 4 ch. 2 st. 22, st. 212.

8. Postanovlenie Mintruda Rossii ot 08.02.2000 №14 (red. ot 12.02.2014) "Ob utverzhdenii Rekomendatsiy po organizatsii raboty Sluzhby okhrany truda v organizatsii".

9. Kuz'mina S.O. Okhrana truda na predpriyatii // Molodoy uchenyy. – 2018, №21. S. 259...262. – URL <https://moluch.ru/archive/207/50601/> (data obrashcheniya: 12.07.2019).

10. Berezina E.S. Upravlenie okhranoy truda v Rossii: problemy i puti ikh resheniya // Osnovy ekonomiki, upravleniya i prava. – 2013, №1 (7). S.83...85.

11. Frolov O.P. Sovremennye problemy povyshe-niya kachestva sistemy obucheniya rabotnikov v oblasti okhrany truda // Kadry predpriyatiya. – 2011, №7. S.34...39.

12. Pravila po okhrane truda pri razmeshchenii, montazhe, tekhnicheskom obsluzhivanii i remonte technologicheskogo oborudovaniya, utverzhdennye pri-kazom Mintruda Rossii ot 23.06.2016 g. № 310n.

Рекомендована кафедрой общетехнических дисциплин и безопасности жизнедеятельности. Поступила 16.04.19.

УДК 687.03

**ИНДУСТРИЯ МОДЫ: РЕКЛАМНЫЕ И PR-ТЕХНОЛОГИИ
ПРОДВИЖЕНИЯ БРЕНДА В ИНТЕРНЕТ-ТОРГОВЛЕ**

**FASHION INDUSTRY: ADVERTISING AND PR-TECHNOLOGIES
FOR PROMOTING A BRAND IN ONLINE TRADE**

О.В. КАЩЕЕВ, Г.В. ПОЛЕТАВКИНА

O.V. KASHCHEEV, G.V. POLETAVKINA

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

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

E-mail: ovk-stud@rambler.ru

В статье рассматриваются новые эффективные способы продвижения бренда товаров индустрии моды в интернет-торговле. Анализ литературных источников и проведенное эмпирическое исследование позволили выявить наиболее эффективные рекламные и PR-технологии, применимые в онлайн-торговле. Предложены практические инструменты, повышающие эффективность работы интернет-магазина в области индустрии моды.

The article deals with the new effective ways to promote the brands of fashion industry products in e-commerce. The analysis of literary sources and the recent empirical study revealed the most effective advertising and PR technologies applicable in online shopping. The practical tools were proposed, they can enhance the work efficiency of fashion industry online-store.

Ключевые слова: интернет-технологии, онлайн-магазин, сегменты fashion-рынка, существенные характеристики.

Keywords: internet technologies, online store, segments of the fashion market, essential characteristics.

Глобальная сеть Интернет с помощью виртуального пространства открывает для владельцев брендов индустрии моды новые финансовые перспективы роста. Влияние научно-технического прогресса заставляет с каждым днем усовершенствовать традиционные рекламные технологии и преподнести их пользователям в новом формате. Интернет в режиме реального времени представляет коммуникативный канал, реагиру-

ющий на динамику посещаемости сайта, показатели целевой аудитории и количество совершенных покупок, показывает операционные показатели по заказам и клиентам, какие товары и категории лучше продаются, как работают сотрудники и кто из них приносит больше прибыли, что происходит с коммуникациями, какова финансовая эффективность магазина.

На сегодняшний день количество пользователей Интернета в мире составляет порядка 4 миллиардов человек (все население Земли 7,6 млрд.). Интернет пока еще является вторым по популярности (после телевидения) источником информации.

По запросу в Яндексе "Интернет-магазин" выдает более 219 миллионов страниц.

По запросу в Яндексе "Интернет-магазин одежды" выдает 153 миллиона страниц.

Существует множество преимуществ и недостатков виртуального магазина, поэтому возникает вопрос, какие необходимо использовать методы продвижения товаров и услуг, будут ли они отличаться от методов, применяемых в офлайн-продажах, какое влияние на них оказывает целевая аудитория и ассортиментная линейка продаваемых товаров [5].

При рассмотрении стратегического планирования необходимо выявить и сравнить его плюсы и минусы с офлайн-магазином.

Плюсы онлайн-магазина.

1. Дешевизна. Интернет-магазину не нужно платить за аренду помещения, на начальном этапе можно даже не нанимать сотрудников и делать все самостоятельно. А если негде хранить товары – можно ограничиться только созданием и продвижением сайта и работать по схеме дропшипинга – посредничать между производителем, оптовым складом и вашими потенциальными покупателями. Задача – координировать их взаимодействие и получать за это определенный процент.

2. Возможность в режиме реального времени анализировать финансовые показатели, данные по продажам, эффективность рекламы и другие параметры.

3. Стоимость товаров ниже, чем в обычном магазине. Экономия на аренде помещения, сотрудниках играет большую роль в установлении цены на товар.

4. Экономия времени клиента. Возможность осуществить выбор товара на одном сайте без посещения разных магазинов (одежда, обувь, аксессуары и т.д.). Привлечение за счет этого дополнительных покупателей.

5. География. Заказать товар можно из любой точки мира.

6. Анонимность.

7. Психологический комфорт. Посетители интернет-магазинов не толкаются в толпе других покупателей, не ждут, когда подойдет свободный консультант, нет давления со стороны продавца.

8. Использование отзывов других покупателей при выборе товара.

9. Ассортимент. Несмотря на широкий ассортимент товаров в офлайн-торговле, далеко не во всех городах представлены эксклюзивные марки и бренды одежды, обуви, подарков или, например, технические новинки. Поэтому единственной возможностью купить такие товары является покупка в интернет-магазине.

Плюсы офлайн-магазина.

1. Возможность лично посмотреть и примерить понравившийся товар.

2. Возможность сразу купить – не ждать, пока товар будет доставлен.

3. Возврат товара есть и у офлайн, и у онлайн-магазинов. Однако вернуть товар при обнаружении недостатков проще все же в обычном розничном магазине.

4. Доверие. Доля онлайн-продаж в России неуклонно растет, но есть еще люди, которым покупать офлайн намного привычнее. Многие не доверяют интернет-магазинам, боятся мошенников или несоответствия заявленному качеству.

Таким образом, существуют свои плюсы в офлайн- и онлайн-торговле. Для успешного продвижения бренда индустрии моды необходимо применять наиболее эффективные рекламные и PR-технологии этих двух видов торговли. При этом они могут быть как уникальными, так и общими для них [2], [4].

Существует большое количество сегментов fashion-рынка, имеющих разную целевую аудиторию и требующих разный подход к продвижению товаров индустрии моды.

1. Высокий ценовой сегмент.

– Высокая мода, или мода от-кутюр (haute couture) – люксовый (высший) сегмент fashion-рынка, изделия которого всегда характеризуются эксклюзивностью, так как они создаются по индивидуальным параметрам и отличаются сложностью изготовления. У таких изделий обязательно есть автор и изготовлены они из материалов высоко-

кого качества. Данные изделия доступны не всем, так как продаются они по самой высокой цене.

– Прет-а-порте де люкс – бренды премиум-сегмента, чья продукция характеризуется наличием автора, небольшой серийностью моделей, высоким качеством материалов. Изделия создаются в соответствии со стандартным размерным рядом.

2. К средней ценовой категории брендов одежды относят.

– Прет-а-порте – бренды премиум-класса, изделия "готовые к носке", так как выполнены по стандартным размерам. Их продукция обычно характеризуется наличием автора, преимущественной направленностью на повседневное использование, более низкими ценами, демократичным подходом к выбору материалов и простой конструкцией по сравнению с высшими категориями.

– Диффузные бренды – вторые и третьи линии дизайнерских брендов. Это переходная линия брендов средней ценовой категории – от премиальных к более низким классам. И считается, что они помогают дизайнерским брендам не сливаться с массовыми марками одежды и дают большую прибыль.

– Бридж-бренды – переходные бренды между прет-а-порте и масс-маркетом. Стоимость изделий ниже, чем у диффузных брендов, при практически равном качестве.

3. Низкий ценовой сегмент отличается массовым производством и относится к масс-маркету. Используются достаточно недоро-

гие материалы и технологии производства. Продукция масс-маркета рассчитана на средний класс, на "массового потребителя". Отличается средним уровнем качества и доступными ценами. Реализуется в специализированных магазинах. Бренды масс-маркета обычно работают по франчайзинговой системе. В рамках масс-маркета дополнительно выделяют так называемые утилитарные бренды (contemporary) – Марки массового доступного стиля, характеризующиеся функциональностью и доступностью продукции.

4. Некоторые авторы дополнительно выделяют отдельно еще и демократичные марки:

– бюджетные бренды (budget) – марки с доступными ценами при относительно низком качестве продукции;

– массовые бренды (moderate) – отличаются демократичными ценами при сравнительно низком качестве продукции.

Внутри одного бренда могут функционировать изделия из разных ценовых сегментов.

Для выбора правильного вида рекламных и PR-технологий в сфере индустрии моды необходимо: учитывать целевую аудиторию, бюджет рекламной кампании, ее цели. Следует также правильно выбрать площадку для продвижения товаров индустрии моды: виртуальную или реальную. Для каждой из них могут применяться присущие как только для них, так и общие рекламные и PR-технологии. Обзор наиболее эффективных технологий приведен в табл. 1 [1], [3].

Т а б л и ц а 1

Рекламные и PR-технологии в онлайн-магазине	Рекламные и PR-технологии в офлайн-магазине
<p>Создание сайта, социальных сетей; Спонсорские программы; Звезды в рекламе; SEO продвижение сайта; Директ-рассылка; Контекстная реклама; Тизерная реклама; Статичная реклама на тематических сайтах или сообществах (баннеры, видеоролики, рекламные статьи); Баннерная реклама; Видеореклама; Реклама и PR в социальных сетях, блогах, форумах; Нативная реклама; Проведение онлайн-конференций, семинаров и трансляций; Стимулирование продаж (акции, скидки, конкурсы); Вирусный маркетинг.</p>	<p>Спонсорские программы; Звезды в рекламе; Дизайн помещения; Мерчандайзинг; Коллаборация; Event-маркетинг; Телевизионная реклама (бегущая строка, видеоролики, телемагазины); Бизнес-мероприятия: конференции, презентации, тренинги, форумы, круглые столы и др.; Звонки по телефону; Реклама в печатных СМИ; Наружная реклама; Радиореклама; SMS-рассылки; Раздача листовок, журналов и флаеров; Стимулирование продаж (акции, скидки, игры, лотереи, промо-демонстрация продукции, премии и благодарности сотрудникам, соревнования между персоналом, обучение сотрудников).</p>

Проведенное анонимное анкетирование в сети Интернет позволило выявить потребительские рекламные предпочтения при покупке товаров в онлайн-магазинах. Опрос проводили в январе 2019 г. среди пользова-

телей сайта my.survio.com. Ответы на первые три вопроса: "Укажите Ваш пол", "Укажите Ваш возраст", "Вы проживаете", представлены в табл. 2:

Т а б л и ц а 2

№	Показатель	Количественные характеристики			
		мужской		женский	
1	Пол	20 ч.		30 ч.	
		40 %		60 %	
		18...23 лет	24...29 лет	30...35 лет	36 лет и старше
2	Возраст	10 ч.	15 ч.	15 ч.	10 ч.
		20 %	30 %	30 %	20 %
		в Москве	в Подмосковье	в других регионах РФ	
3	Вы проживаете	25 ч.	10 ч.	15 ч.	
		50 %	20 %	30 %	

На вопрос "Ваш уровень дохода?" результаты показали, что большинство жителей из разных регионов РФ зарабатывают до 50 тыс. руб. в месяц. В Москве более 50 тыс. руб. в месяц.

На следующий вопрос "Как часто Вы используете Интернет?" респонденты разделились на тех, кто каждый день использует Интернет, и тех, кто только в рабочие дни.

На вопрос "Для каких целей Вы используете Интернет?" ответы участников распределились следующим образом (рис. 1):

Для каких целей Вы используете интернет?

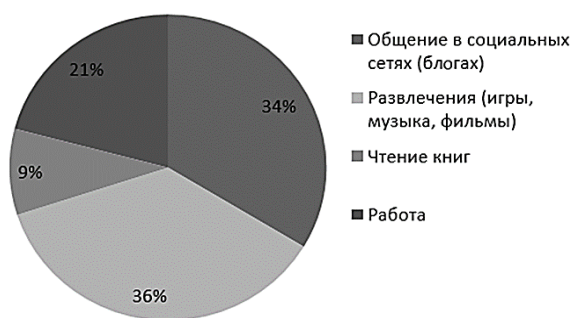


Рис. 1

Анализ информации, представленной на рис. 1, позволяет утверждать, что респонденты выбрали Интернет для общения в социальных сетях (блогах) – 74%, для развлечений (игры, музыка, фильмы) – 80%, для чтения книг – 20%, для работы – 70%, чтобы сделать заказ через интернет-магазин – 46% (рис. 1).

На вопрос "Какой сегмент одежды Вы предпочитаете?" большинство респондентов выбрали демократичную марку.

На вопрос "Как Вы относитесь к покупкам через Интернет?" большинство респондентов в возрасте 18...23 лет ответили, безусловно, положительно, 24...29 лет – скорее, положительно, 30...35 лет – мнения разделились примерно пополам, более 36 лет – затрудняются ответить на вопрос.

На вопрос "Как часто Вы заказываете одежду через Интернет?" ответы респондентов распределились следующим образом (рис. 2):

Как часто Вы заказываете одежду через Интернет?

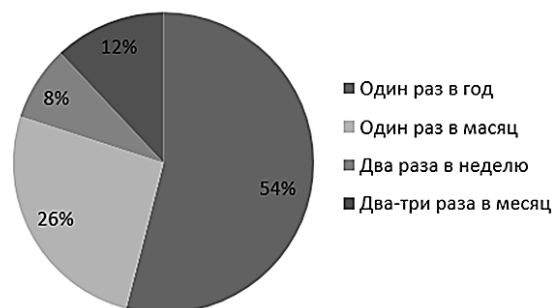


Рис. 2

Анализ информации, представленной на рис. 2, позволяет утверждать, что 54% участников заказывают товары один раз в год, 26% – один раз в месяц, 8% – два раза в неделю, 12% – два-три раза в месяц.

На вопрос "Чаще ли Вы покупаете одежду в интернет-магазине, чем в обычном магазине?" 58% респондентов ответили, что чаще покупают одежду через Интернет.

На следующий вопрос "Через какие каналы коммуникации Вы узнаете о новых поступлениях одежды в онлайн-магазинах?" ответы респондентов распределились следующим образом (рис. 3):

Через какие каналы коммуникации Вы узнаете о новых поступлениях одежды в онлайн-магазинах?



Рис. 3

Анализ информации, представленной на рис. 3, позволяет утверждать, что 40% респондентов узнают новую информацию из поисковой системы, 36% – из рекламы, 8% – от знакомых, 10% – от промоутеров и из социальных сетей, 6% – от продавцов офлайн-магазина.

Исходя из ответов на вопрос "Какие рекламные и PR-технологии Вы знаете, напишите их", приходим к выводу, что респонденты достаточно хорошо ознакомлены с рекламными и PR-технологиями, они выделили: видеоролики, контекстную и баннерную рекламу, скрытую рекламу, рассылки на электронные ящики и sms, конкурсы, скидки.

На вопрос "Считаете ли Вы эффективным продвижение бренда с помощью рекламных и PR-технологий в Интернете?" более 90% респондентов считают положительным.

Респонденты расположили в порядке эффективности следующие виды рекламных и PR-технологий в индустрии моды: контекстная реклама; баннерная реклама; рассылка рекламы с тематическими новостями по электронной почте; блоггинг на сайтах; организация онлайн-конференций, конкурсов, презентаций и др.; партнерские

и спонсорские программы. А самым любимым видом рекламы и PR выделили контекстную рекламу.

Также респонденты считают, что самыми эффективными социальными сетями для создания интернет-магазина являются Instagram (48%), ВКонтакте (38%), Facebook (14%).

86% участников опроса следят за событиями деятельности, происходящими в области индустрии моды.

На вопрос "Обращаете ли Вы внимание на рекламу в социальных сетях?" ответы респондентов разделились следующим образом: более 56% реклама помогает найти новые интересные сообщества/новости/тренды, остальные участники опроса относятся нейтрально, иногда переходят по ней, а также считают, что она стала для них привычной.

Отвечая на вопрос "Какие сайты или информационные порталы Вы посещаете чаще всего?" респонденты женского пола выбрали: Modagoda.ru, Sigerous.ru, fashiony.ru, elle.ru, vogue.ru, jlady.ru, modnica.info, cosmo.ru/fashion.

Почти 100% респондентов ответили, что покупают в Интернете по акциям одежду и хотели бы получать предложения об акциях и распродажах.

Большинство респондентов считают преимуществом онлайн-покупок в следующем: экономия времени, доставка на дом, низкие цены и круглосуточный режим работы.

Самым важным респонденты считают в интернет-магазине понятную навигацию, интересный контент и качественный дизайн.

Большинство участников опроса считают, что необязательно у интернет-магазина должен быть аккаунт в социальной сети. Также они обращают внимание на рекламу на сайтах и в поисковых системах.

Ответы на последующие вопросы нашей анкеты дали такие результаты: 60% обращают внимание на рекламу товаров в виде изображений; 80% обращают внимание на рекламу товаров в виде видеороликов; 70% обращают внимание на контекстную рекламу; 80% обращают внимание на рекламу товаров в виде рассылки с тематическими новостями по электронной почте;

96% обращают внимание на рекламу товаров в виде онлайн-конференций, конкурсов, презентаций и др.

Ответы на вопрос "Вы можете вернуться в предыдущий онлайн-магазин, если Вас заинтересует его реклама на следующих сайтах?" разделились следующим образом: 80% готовы вернуться, если их заинтересует предложение; 12% – скорее, да, 8% – скорее, нет.

ВЫВОДЫ

Анализ литературных источников и результатов эмпирического исследования позволяют сделать следующие выводы.

- Интернет-магазин имеет большее количество плюсов по сравнению с офлайн-магазином товаров в индустрии моды, используя присущие ему рекламные и PR-технологии. Существует множество плюсов создания интернет-магазина по сравнению с офлайн-магазином.

- Люди в возрасте от 18 до 35 лет готовы покупать одежду в Интернете, независимо от получаемой заработной платы, места жительства и пола. При этом большинство из них предпочитают демократический сегмент одежды. Одежду более дорогого сегмента потребители предпочитают покупать в офлайн-магазине.

- Рекламу целесообразно размещать в социальных сетях, в местах для развлекательных сегментов Интернета (игры, музыка, фильмы), поисковых системах и на похожих по тематике сайтах.

- Результаты эмпирического исследования показали, что целесообразно продвигать интернет-магазин с помощью следующих рекламных и PR-технологий: контекстная и баннерная реклама, скрытая реклама, рассылки тематических новостей, конкурсов, скидок на электронные ящики и sms, блоггинг на сайтах, организация онлайн-конференций, презентаций и др., партнерские и спонсорские программы.

- Интернет-магазин индустрии моды на российском рынке, по мнению респондентов, рекомендуется создавать в таких социальных сетях, как Instagram, ВКонтакте, Facebook. При этом отрыв Instagram от других социальных сетей составляет более 10%.

- Важными факторами в интернет-магазине являются понятная навигация, интересный контент и качественный дизайн.

- Яркая реклама позволяет целевой аудитории обращать внимание на интернет-магазин и возвращаться в него.

- Чтобы стать перспективным, конкурентоспособным и самодостаточным виртуальным магазином, необходим правильный выбор рекламных и PR-технологий, подходящих для его ценового сегмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ален Т.К., О'Гуинн С.Т., Семеник Дж.Р. Реклама и продвижение бренда / Пер. С.Г. Божук. – СПб.: Нева, 2014.
2. Баранов А.А. 3 правила успеха Интернет-маркетинга. – СПб.: Питер Пресс, 2011.
3. Вебер Л. Эффективный маркетинг в Интернете – М.: Дашков и К°, 2014.
4. Гузов Ф. Продвижение бизнеса в Интернет. Все о PR и рекламе в сети. – СПб.: Вершина, 2008.
5. Джоунс Д.Ф. Роль рекламы в создании сильных брендов. – М.: Вильямс, 2012.

REFERENCES

1. Alen T.K., O'Guinn S.T., Semenik Dzh.R. Rek-lama i prodvizhenie brenda / Per. S.G. Bozhuk. – SPb.: Neva, 2014.
2. Baranov A.A. 3 pravila uspekha Internet-marke-tinga. – SPb.: Piter Press, 2011.
3. Veber L. Effektivnyy marketing v Internete – M.: Dashkov i K°, 2014.
4. Gurov F. Prodvizhenie biznesa v Internet. Vse o PR i reklame v seti. – SPb: Verzhina, 2008.
5. Dzhouns D.F. Rol' reklamy v sozdanii sil'nykh brendov. – M.: Vil'yams, 2012.

Рекомендована кафедрой социологии и рекламных коммуникаций. Поступила 12.02.19.

УДК 677.4.074:539.4

**ИЗМЕНЕНИЯ И ДОПОЛНЕНИЯ
В ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТАХ ТКАНИ
С УЧЕТОМ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА И НЕРАВНОМЕРНОСТИ
НИТЕЙ ПО ПРОЧНОСТИ**

**CHANGES AND ADDITIONS
IN CALCULATIONS OF A FABRIC
IN VIEW OF SCALE EFFECT AND NON-UNIFORMITY
OF THREAD ON STRENGTH**

В.П. ЩЕРБАКОВ, Н.С. СКУЛАНОВА, А.Е. ЦВЕТКОВА, С.Л. ХАЛЕЗОВ, С.А. ГОЛАЙДО
V.P. SCHERBAKOV, N.S. SKULANOVA, A.E. TSVETKOVA, S.L. KHALEZOV, S.A. GOLAI DO

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
ОАО "Инновационный научно-производственный центр
текстильной и легкой промышленности",
Ивановский государственный политехнический университет)

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Innovative Research and Production Centre for Textile and Light Industry, OJSC (Moscow),
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: victor.scherbakow2012@yandex.ru

*Рассмотрено деформирование ткани при двухосном нагружении. Уста-
новлена связь напряжений и деформаций основы и утка с внешней нагрузкой
ткани. Методами нелинейной механики упругой нити определена уработка
основы и утка. Вычислена прочность ткани с учетом геометрических и ме-
ханических свойств нитей, масштабного эффекта и неравномерности ни-
тей по прочности.*

*Deformation of a fabric is described at loading. Communication of stress and
deformations of a basis and a duck with external loading of a fabric is established.
Strength of a fabric is calculated in view of scale effect and non-uniformity of thread
on strength.*

Ключевые слова: ткань, нить, основа, уток, растяжение, прочность, нап-
ряжение, деформация, неравномерность.

Keywords: fabric, string, basis, ducks, stretching, durability, pressure (volt-
age), deformation, non-uniformity.

В работах Kawabata, Niwa, Kawai [1], В.П. Щербакова [2], [3] изложена теория двухосного растяжения ткани, на основе которой разработана теория прочности ткани, учитывающая геометрические и механические свойства нитей, включая жесткость при растяжении и изгибе, структуру ткани, взаимодействие основы и утка. Теория была верна для любой отдельной ткани и довольно точно предсказывала прочность. Однако расчеты тканей различных плотностей показали, что теория является неполной. На отдельные противоречия было указано С.Д. Николаевым, чье имя хорошо и заслуженно известно. Чтобы понять суть дела, нужно изложить основные положения механизма разрушения ткани в соответствии с [1] и [2].

Здесь расчеты, уравнения и формулы теории проводятся на примере технической ткани, выработанной из высокомодульной нити Русар линейной плотности 29 текс. Жесткость при изгибе нити, определенная в условиях нагружения мертвым грузом по методике [2], [3], основанной на нелинейной механике упругих нитей, намного превышает жесткость обычных нитей и равна $H=9,82 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$.

$$F(k) - F(\alpha_0) = \omega, \quad k \sin \alpha_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad \frac{y_1}{\ell_0} = 1 - \frac{2}{\omega} [F(k) - F(\alpha_0)], \quad \frac{x_1}{\ell_0} = \frac{2}{\omega} k \cos \alpha_0. \quad (1)$$

Здесь введены обозначения:

$$F(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha}} d\alpha, \quad F(\alpha_0) = \int_0^{\alpha_0} \frac{1}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha}} d\alpha, \quad \omega = \sqrt{\frac{P \ell_0^2}{H}}. \quad (2)$$

Для полноты и ясности изложения сразу приведем численные данные и результаты частных решений. При плотности ткани по основе $P_0=260$ нитей/дм и такой же плотности по утку координаты $x_1=0,192$ мм и $y_1=0,08$ мм. Вторая координата по величине отличается от диаметра исходной нити (0,21 мм). Действительно, диаметры нитей изменяются в деформированном состоянии из-за возникающих в них натяжений и, как следствие, сжимающих сил. Уменьшение δ диаметра нити при деформировании ткани –

В материаловедении ткани одним из основных параметров проектирования является уработка основы и утка. Для вычисления прочности ткани нас интересует лишь уработка основной нити a_0 . В любом методе проектирования эта величина выбирается или из эксперимента, или из справочника. Мы же найдем a_0 расчетным путем.

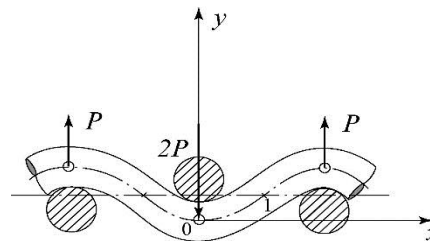


Рис. 1

Рассмотрим изгиб упругой нити на участке 01 (рис. 1 – схема изгиба нити в элементе ткани) [1], [4]. Длина осевой линии нити ℓ неизвестна и подлежит определению так же, как и угол φ между осью нити и нейтральной линией структуры в точке 1. Уравнения для вычисления четырех неизвестных ℓ , P , k , α_0 приведены в [1], [2]:

функция сжимающей силы F_s [1]. Кривая $\delta=\delta(F_s)$ приведена в [1]. Начиная с $F_s=50$ сН высота сечения нити почти не изменяется. При $F_s=50$ сН диаметр уменьшается на 0,05 мм, и $y_1=(0,21-0,05)/2=0,08$ мм. Значение F_s пока неизвестно, но, как будет показано позже, величина сжимающей силы даже в свободном состоянии ткани, то есть при отсутствии внешней нагрузки, превышает 50 сН. Длина осевой линии участка $01=\ell_0$ равна 0,211 мм. Тогда можно вычислить уработку основной нити:

$$a_o = \frac{\ell_o - x_1}{\ell_o} \cdot 100 = \frac{0,211 - 0,192}{0,211} \cdot 100 = 9,0 \%. \quad (3)$$

Следовательно, используя только геометрические параметры ткани (плотность по основе и утку) и свойства нити (жесткость при изгибе), не прибегая к опытным данным, получена величина уработки нити.

Угол φ наклона касательной в концевой точке 1:

$$\varphi = 2 \arcsin k - \frac{\pi}{2} = 0,585 \text{ рад} = 33,5^\circ. \quad (4)$$

Рассматривая двухосное растяжение ткани, прежде всего отметим, что изложенная здесь теория упругих нитей неприменима, поскольку в качестве одной из основных гипотез этой теории полагается нерастяжимость оси нити. Но как в ткачестве, так и при одноосном растяжении нитей основы и утка нити деформируются, одни в малой степени – $\approx 1\%$, другие значительно – $\approx 20\%$. Чтобы учесть растяжение нитей, изменим модель элемента ткани. Примем во внимание, что натяжение нити, возникающее при нагружении ткани, выпрямляет изогнутую нить. Тогда нити основы и утка представим в форме прямых линий с точкой пересечения в центре перекрытия нитей (рис. 2 – взаимодействие основы и утка) при прежней длине ℓ_0 и том же шаге элемента ткани, определяемом плотностью ткани по основе P_o и утку P_y (число нитей на 10 дециметров):

$$t_{o1} = \frac{100}{P_y}, \quad t_{o2} = \frac{100}{P_o}. \quad (5)$$

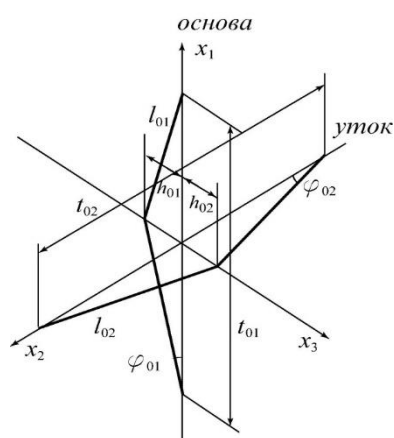


Рис. 2

В дальнейшем индекс 0 соответствует недеформированному состоянию, индекс 1 – величине, относящейся к нитям основы, индекс 2 – к нитям утка.

Полное представление о свойствах нити при одноосном растяжении дает диаграмма растяжения. Опытные данные напряжения σ , ГПа и деформации ε аппроксимированы степенной функцией $\sigma = E\varepsilon^m$ методами численной оптимизации. Решением являются $E = 52,756$ ГПа и $m = 0,929$.

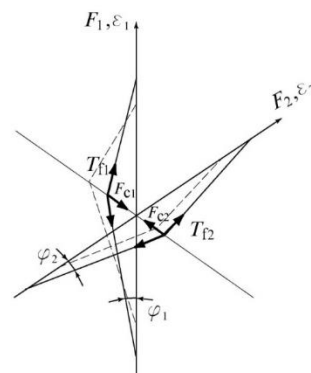


Рис. 3

На границах ткани действует растягивающая сила f_i ($i=1,2$). Если на длину ткани приходится n_i нитей, то на конце одной нити по оси x_i действует сила $F_i = f_i/n_i$ (рис. 3 – силовое взаимодействие нитей). При растяжении ткани по обеим осям в нитях возникает натяжение T_{fi} , связанное с силой, действующей на ткань, зависимостью:

$$F_i = T_{fi} \cos \varphi_i, \quad (6)$$

где φ_i – угол между осью нити и нейтральной линией структуры в деформированном состоянии.

При моделировании растяжения ткани полагаем, что расстояния между нитью основы и нитью утка на линии их контакта сохраняются постоянными при условии неизменяемых поперечных размеров нитей:

$$h_1 + h_2 = h_{o1} + h_{o2}. \quad (7)$$

При нагружении ткани уток смещается в направлении толщины ткани, то есть по

оси x_3 . Конечное расположение нитей изображено на рис. 3 сплошной линией. В результате изменения натяжения обеих систем нитей устанавливается то или иное расположение основы и утка, характеризующееся величиной соотношения амплитуд волн изгиба основной и уточной нити. Этот показатель – порядок фазы строения (ПФС) – является одним из важнейших в структуре ткани. Излагаемая здесь теория прочности ткани позволяет проектировать ткани и по ПФС.

Натяжение нити линейной плотности T_i определяется ее деформацией в соответствии с выражением $\sigma = E \varepsilon^m$:

$$T_{fi} = E_i \varepsilon_{fi}^m \frac{T_i}{\rho_i}. \quad (8)$$

Деформация ткани ε_i связана с деформацией нити ε_{fi} зависимостью:

$$\varepsilon_{fi} = \frac{\ell_i}{\ell_{oi}} - 1 = \frac{t_{oi}}{2} \sqrt{\left(\frac{2h_i}{t_{oi}}\right)^2 + (1 + \varepsilon_i)^2} - 1. \quad (9)$$

Выше отмечено, что для описания растяжения основы и утка реальная структура ткани заменяется моделью, в которой оси основы и утка – прямые линии с точкой пересечения в центре перекрытия нитей. Форма и длина нити в структурном элементе уже определены в первой части работы, где рассматривалось свободное состояние тка-

ни. Только для этого и потребовалась геометрически нелинейная теория упругих нитей. Эта нить длиной $\ell_{oi} = 0,211$ мм растягивается при нагружении ткани. При начальной длине нити ℓ_{oi} и шаге структурного элемента t_{oi} вычисляется расстояние между нейтральной линией ткани и осью нити вдоль

оси x_3 в точке перегиба: $h_{oi} = \sqrt{\ell_{oi}^2 - \left(\frac{t_{oi}}{2}\right)^2} = 0,085$ мм. Нить утка находится в равновесии под действием сил натяжения T_{f2} и реакции N нити основы, направленной по оси x_3 в области контакта нитей основы и утка. На нить основы действует реакция N' нити утка, равная по модулю и направленная противоположно силе N . Обе реакции уравновешиваются силами давления нитей друг на друга, которые сжимают нити и вызывают смещение обеих систем нитей по оси x_3 (рис. 3). В деформированном состоянии $h_2 = h_{oi} + h_{o2} - h_1$. Сжимающая сила связана с натяжением нити соотношением $F_{ci} = 2T_{fi} \sin \varphi_i$. Здесь

$$\sin \varphi_i = \frac{h_i}{\sqrt{h_i^2 + \left[\frac{(1 + \varepsilon_i)t_{oi}}{2}\right]^2}} = \frac{2h_i/t_{oi}}{\sqrt{\left(\frac{2h_i}{t_{oi}}\right)^2 + (1 + \varepsilon_i)^2}}. \quad (10)$$

Из равенства $F_{c1} = F_{c2}$ и соотношений (9) получаем выражение для определения h_1 , ε_{f1} , ε_{f2} :

$$\left(E_1 \varepsilon_{f1}^m \frac{T_1}{\rho_1} \right) \frac{4h_1/t_{o1}}{\sqrt{\left(\frac{2h_1}{t_{o1}}\right)^2 + (1 + \varepsilon_1)^2}} = \left(E_2 \varepsilon_{f2}^m \frac{T_2}{\rho_2} \right) \frac{4(h_{o1} + h_{o2} - h_1)/t_{o2}}{\sqrt{\left(\frac{2(h_{o1} + h_{o2} - h_1)}{t_{o2}}\right)^2 + (1 + \varepsilon_2)^2}}. \quad (11)$$

С учетом

$$\varphi_i = \arctg \left[\frac{2h_i}{(1 + \varepsilon_i)t_{oi}} \right] \quad (12)$$

определяем растягивающую ткань силу F_i :

$$F_i = T_{fi} \cos \varphi_i. \quad (13)$$

Для примера рассмотрим растяжение ткани в направлении основы при фиксированной деформации в направлении утка. В данном случае ε_2 остается равным нулю при растяжении ткани. Если не фиксировать кромку ткани, то кромка примет криволинейную форму. Это уже другая задача. Предельной деформации нити основы $\varepsilon_{f1} = 0,029$ соот-

ветствует деформация ткани $\varepsilon_1=0,057$. При этом натяжение нити основы становится равным $T_{f1}=E_1\varepsilon_1^{m_1}\frac{T}{\rho}=63,39$ Н. Угол между координатной осью x_1 и нитью основы при $h_1=-0,074$ мм принимает значение $\varphi_1=\arctg\left[\frac{2h_1}{(1+\varepsilon_1)t_{01}}\right]=0,349$ рад. Теперь по формуле (13) можно вычислить прочность ткани в пересчете на одну нить основы $F_1=T_{f1}\cos\varphi_1=59,58$ Н. Экспериментальное значение этой характеристики равно $F_1=60,1$ Н.

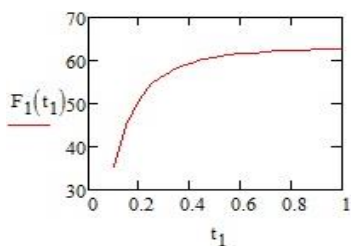


Рис. 4

Считается, что если хотя бы одно новое наблюдение не согласуется с теорией, нам приходится либо отказаться от нее, либо переделать. В начале статьи было сказано, что теория довольно точно предсказывала прочность для любой конкретной ткани. Однако расчеты тканей различных плотностей показали, что изложенная выше теория является неполной. Это видно из графика зависимости прочности ткани от расстояния между осями соседних уточных нитей t_1 или от длины полуволны изгиба основы ℓ_1 (рис. 4 – зависимость прочности ткани от шага t_1 (теория [1], [2])). Учитывая, что шаг обратно пропорционален плотности ткани по утку (см. формулу (5)), получаем увеличение прочности ткани с уменьшением плотности. При этом резкое изменение прочности происходит как раз в рассматриваемой нами области плотности ткани по утку. Именно здесь опыт противоречит предсказаниям теории. Тогда дополним теорию [1], [2], принимая во внимание механизм разрушения ткани в предельном состоянии.

При разрыве ткани поверхность разрыва представляет собой уточную нить, сверху и снизу которой выступают кончики обор-

ванных основных нитей. В каждом перекрытии ткани перед обрывом действуют сжимающие силы величиной свыше 43 сН. При данной плотности по основе в испытуемой полоске ткани 130 нитей основы. Такое большое усилие давления нитей друг на друга создает устойчивую структуру ткани, ее способность сопротивляться внешним воздействиям. Поэтому можно предположить, что обрыв нитей происходит на участках, свободных от внешней нагрузки, то есть на отрезке, равном шагу t_1 . Нить длиной t_1 имеет значительно большую прочность, чем при стандартной длине ℓ_0 . Зависимость средней прочности нити P от длины образца ℓ выражается формулой [2]:

$$P(\ell)=p_w\left(\frac{\ell_0}{\ell}\right)^{\frac{1}{\alpha}}\Gamma\left(1+\frac{1}{\alpha}\right). \quad (14)$$

Здесь ℓ_0 – стандартная длина нити при испытаниях; p_w , α – параметры распределения Вейбулла; $\Gamma(x)$ – гамма-функция.

Формула (14) описывает масштабный эффект. Вычислим $P(t_1)$, предварительно определив параметры p_w , α . Они находятся из уравнений, выражающих среднюю прочность \bar{P} и дисперсию D прочности при стандартной длине испытаний:

$$\bar{P}(\ell_0)=p_w\Gamma\left(1+\frac{1}{\alpha}\right), \quad (15)$$

$$D(\ell_0)=p_w^2\left[\Gamma\left(1+\frac{2}{\alpha}\right)-\Gamma^2\left(1+\frac{1}{\alpha}\right)\right].$$

Подставляя в (15) $\bar{P}=63,39$ Н и $D=10,046$ Н² при квадратической неровноте $C = 5\%$, получим $\alpha = 24,95$; $p_w = 64,791$. Длина основы в элементе ткани при разрыве ткани (расчетная величина разрывной деформации ткани $\varepsilon_1=0,057$ при экспериментальной деформации нити $\varepsilon_{f1} = 0,029$) становится равной $\ell = 0,422$ мм. Относительно формулы (14) надо сказать, что экстраполяция прочности на малые разрывные длины, основанная на распределении Вейбулла, не очень надеж-

на. Это связано с недостаточно точным описанием распределения прочности комплексных нитей распределением Вейбулла. Поэтому испытания нитей проведены при длине $l_0 = 50$ мм. Тогда в соответствии с формулой (14) прочность $\bar{P}(0,422)$ принимает значение 76,76 Н.

Прочность нитей имеет случайную природу. Механизм разрушения ткани представляет собой последовательный разрыв основных нитей, сначала наиболее слабых, а затем, после обрыва одной нити, перераспределение нагрузки на остальные $(m-1)$ нити. Нагрузка на оставшиеся нити увеличивается, и далее разрушение будет происходить по описанной схеме. Прочность m однонаправленных нитей P_{\max} оказывается ниже средней прочности $m\bar{P}(0,422)$, и эта разница прочности увеличивается с ростом коэффициента вариации прочности нитей. Максимальная прочность всех нитей основы определяется в соответствии с выражением:

$$P_{\max} = km\bar{P}(0,422),$$

где $k = \frac{(\alpha \epsilon)^{-\frac{1}{\alpha}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}$ – коэффициент реализации

прочности основных нитей в ткани [2]. В нашем случае $k = 0,683$.

При плотности ткани по основе 260 нитей на 100 мм в образце шириной 50 мм содержится 130 нитей. Теперь по формуле

$$F_{\text{ткани}}^* = km\bar{P}(0,422)\cos\varphi_1 \quad (16)$$

можно вычислить прочность ткани:

$$F_{\text{ткани}}^* = 8,1 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

В пересчете на одну нить это составляет 62,28 Н. Как уже было отмечено, экспериментальное значение этого показателя $F_{1\text{-ткани}}^* = 60,1$ Н.

На рис. 5 (зависимость прочности ткани от длины основы в элементе ткани (по уточненной теории)) показано уменьшение прочности ткани в зависимости от увеличения ша-

га между уточинами, то есть от уменьшения плотности ткани по утку.

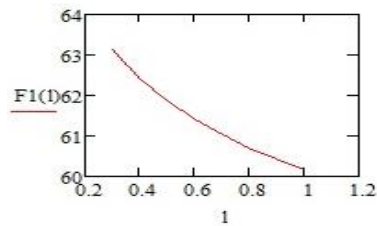


Рис. 5

ВЫВОДЫ

Изложенная здесь новая теория является расширением предыдущей. Также обстоит дело с введением масштабного фактора и учетом неравномерности основных нитей по прочности. Проведенный эксперимент не входит в противоречие с теорией. Она достаточно точно описывает широкий класс наблюдений в рамках модели, содержащей лишь несколько произвольных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kawabata S., Niwa M., Kawai H. // J. Text. Inst., 64, (7.3.1973) 21.
2. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. – М.: "Тисо Принт", 2013.
3. Щербаков В.П., Болотный А.П., Фомин Б.М. Проектирование ткани методами структурной механики // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 2. С. 107...113.
4. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2008.

REFERENCES

1. Kawabata S., Niwa M., Kawai H. // J. Text. Inst., 64, (7.3.1973) 21.
2. Shcherbakov V.P. Prikladnaya i strukturnaya mekhanika voloknistykh materialov. – M.: "Tiso Print", 2013.
3. Shcherbakov V.P., Bolotnyy A.P., Fomin B.M. Proektirovanie tkani metodami strukturnoy mekhaniki // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, № 2. S. 107...113.
4. Shcherbakov V.P., Skulanova N.S. Osnovy teorii deformirovaniya i prochnosti tekstil'nykh materialov. – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2008.

Рекомендована кафедрой текстильных технологий РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 27.11.18.

**СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
ВЯЗКОУПРУГОСТИ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН
И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ***

**SPECTRAL ANALYSIS
OF VISCOELASTICITY OF GEOTEXTILE NONWAVE TOWELS
AND ITS APPLICATION FOR THE ESTIMATION OF THEIR FUNCTIONALITY**

Н.В. ПЕРЕБОРОВА, А.В. ДЕМИДОВ, А.Г. МАКАРОВ, Н.С. КЛИМОВА

N.V. PEREBOROVA, A.V. DEMIDOV, A.G. MAKAROV, N.S. KLIMOVA

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,
Санкт-Петербургский государственный университет)

(Saint Petersburg State University of Industrial Technology and Design,
Saint Petersburg State University)

E-mail: makvin@mail.ru

На основе спектрального анализа вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен разрабатываются методы математического моделирования и компьютерного прогнозирования деформационных процессов этих материалов. Рассмотрены также методы разделения полной деформации нетканых полотен на составные компоненты и их компьютерная реализация. Предлагаемые методы спектрального моделирования и компьютерного прогнозирования деформационных процессов позволяют через анализ формы спектров решить технологическую задачу отбора образцов материалов, обладающих необходимыми функциональными и эксплуатационными свойствами, что особенно важно на стадии проектирования и организации производства новых материалов с целью повышения их конкурентоспособности.

Based on the spectral analysis of the viscoelasticity of geotextile nonwoven fabrics, methods of mathematical modeling and computer prediction of the deformation processes of these materials are being developed. Methods for the separation of the total deformation of nonwovens into composite components and their computer implementation are also considered. The proposed methods of spectral modeling and computer prediction of deformation processes allow, through analyzing the shape of the spectra, to solve the technological problem of sampling materials with the necessary functional and operational properties, which is especially important at the design stage and organizing the production of new materials in order to increase their competitiveness.

Ключевые слова: спектральный анализ, математическое моделирование, расчетное прогнозирование, вязкоупругость, нетканые полотна, геотекстильные материалы, функциональные свойства, эксплуатационное назначение, ползучесть, деформационные процессы.

* Работа финансировалась в рамках выполнения базовой части государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № 11.4696.2017/8.9.

Keywords: spectral analysis, mathematical modeling, computational forecasting, viscoelasticity, nonwoven fabrics, geotextile materials, functional properties, operational purpose, creep, deformation processes.

Геотекстильные иглопробивные нетканые материалы являются достаточно большой группой среди нетканых материалов. Области их применения являются: земляное, дорожное и железнодорожное строительство, строительство сооружений, аэропортов, дамб, набережных, туннелей, кровли, дренажа, искусственного дерна, теннисных кортов. Геотекстильные иглопробивные нетканые материалы применяются для защиты берегов, для сельскохозяйственных целей, в качестве арматуры в строительных материалах, в машиностроении – для деталей оборудования, покрытия труб, литых элементов, тепло- и звукоизоляции, фильтров, бумагоделательных сукон, полировального и абразивного фетра и т.д.

Для производства геотекстильных иглопробивных нетканых материалов используются все известные и новые волокна, многие дисперсные, сыпучие, связующие вещества. Отдельно и в смесках применяются натуральные, искусственные, синтетические, минеральные, стеклянные волокна. Из синтетических волокон наибольшее применение находят полиамидные, полиэфирные, полипропиленовые волокна. Из натуральных волокон применяют хлопок и шерсть, дающую прекрасные результаты в иглопробивной технологии. Из искусственных волокон используют вискозу. Применяют различные новые и восстановленные волокна, моноволокна, филаментные нити [1...4].

Микроструктура иглопробивного нетканого полотна существенным образом отличается от микроструктуры синтетических нитей и тканей. Поэтому для прогнозирования ползучести, деформационных и восстановительных процессов иглопробивных нетканых полотен нельзя, без соответствующего анализа и расчетной проверки, использовать математические модели, успешно применяемые для полимерных нитей и тканей [5...8].

Для прогнозирования процесса ползучести иглопробивных нетканых полотен была предложена новая математическая модель,

учитывающая спектральные особенности их микроструктуры:

$$F^{-1}D_{pt} = F^{-1}D_{\infty}\varphi_{pt}, \quad (1)$$

где D_{pt} – податливость; F – площадь поперечного сечения образца; D_{∞} – квазиравновесное значение податливости материала; $0 \leq \varphi_{pt} \leq 1$ – нормированная функция, заданная в виде удвоенного интеграла вероятности.

Одной из характеристик математической модели ползучести (1) является функция времен запаздывания f_p :

$$f_p = \ln \frac{\tau_p}{t_1} < 0, \quad (2)$$

где τ_p – среднестатистическое время запаздывания; t_1 – некоторое значение лабораторного времени (обычно принимают $t_1 = 1$ мин).

График функции f_p можно интерпретировать как силовременную аналогию, суть которой заключается в увеличении времени запаздывания при увеличении растягивающего усилия, то есть оказании тормозящего действия на подвижность запаздывающих частиц материала. Такой характер нелинейной ползучести нетканого полотна полезно сопоставить с противоположным характером нелинейности ползучести синтетических волокон, у которых нагрузка оказывает, наоборот, активирующее действие на времена запаздывания, понижая их значения. Это отличие вызвано отсутствием упорядоченной микроструктуры материала, в связи с чем силовой фактор не является определяющим при деформировании [9...11].

Для примера, график спектральной функции времен запаздывания типичного образца геотекстильного нетканого материала – иглопробивного полотна из полипропиленовых волокон Пинема-160 (производства ОАО "Пинема", Беларусь, г. Пинск) приведен на рис. 1 (функция времен запаздывания иглопробивного полотна Пинема-160).

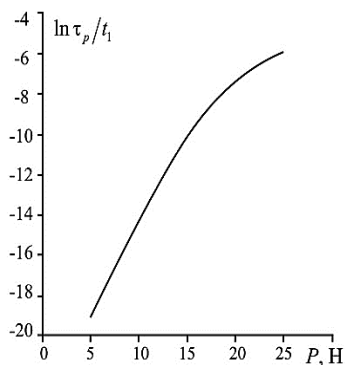


Рис. 1

На основе математической модели ползучести разработаны методики прогнозирования деформационных и восстановительных процессов иглопробивных нетканых полотен. Указанное прогнозирование основано на применении общего уравнения нелинейно-наследственной ползучести Больцмана-Вольтерра [4], модификация которого в рамках предлагаемой модели имеет вид [12]:

$$\varepsilon_t = F^{-1} D_{\infty} \int_{\ln \tau_p}^{\ln t} P_{t-s} \phi'_{ps} d \ln s. \quad (3)$$

В зависимости от варианта деформационного процесса предлагаются различные методики численного прогнозирования. Например, при активном процессе, которому соответствует ярко выраженный рост скорости нагружения, предлагается разбиение обратной временной шкалы S в виде возрастающей геометрической прогрессии, чтобы наилучшим образом учесть быстрорастущие вклады приложенной нагрузки P_{t-s} [13].

Наоборот, при численном прогнозировании длительного деформационного процесса, характеризующегося малым изменением скорости нагружения во времени, предлагается разбиение обратной временной шкалы S проводить в убывающей геометрической прогрессии, так как нагрузка мало меняется с увеличением времени, а наиболее существенными будут вклады приложенной нагрузки в начале процесса. Прогнозирование ползучести, деформационных и восстановительных процессов иглопробивных нетканых полотен становится точнее и проще с применением вычислительной техники. Пример расчета деформационно-восста-

новительного процесса с полной разгрузкой приведен на рис. 2 (деформационно-восстановительный процесс с полной разгрузкой (а – ползучесть; б – восстановление) иглопробивного полотна Пинема-160: 1 – $P=5Н$, 2 – $P=10Н$, 3 – $P=15Н$, 4 – $P=20Н$, 5 – $P=25Н$ (линии – эксперимент, точки – расчет по формуле (3))).

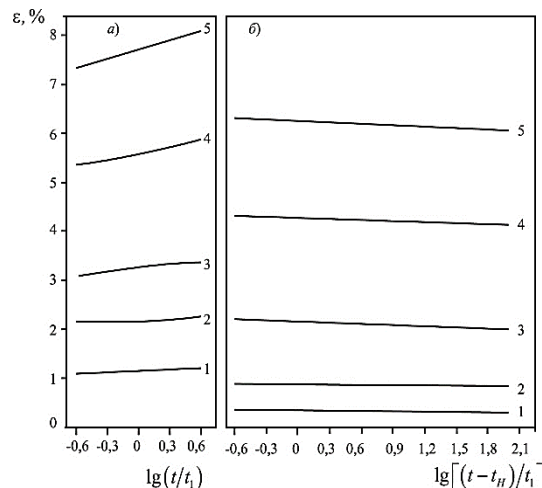


Рис. 2

Среди различных характеристик механических свойств геотекстильных нетканых полотен наибольшая информация содержится в деформационных и энергетических компонентах. В силу наибольшей доступности для исследований указанных характеристик целесообразно использовать работу деформирования, вычисляемую по полной диаграмме растяжения. Для условий эксплуатации иглопробивных нетканых полотен характерна лишь начальная зона деформирования, где существенных накоплений микроразрушений не происходит. В связи с этим более объективными следует считать механические характеристики, определяемые по измерениям именно в этой зоне механических воздействий. Это прежде всего упругая (обратимая) и вязкоупругопластическая (необратимая) компоненты механической работы и соответствующие им компоненты деформации. Энергетическая оценка механической работы деформирования иглопробивных нетканых полотен имеет важное значение для технологического отбора образцов материалов, обладающих определенными упругими и вязкоупругопластическими свойствами [14].

Известно, что полная деформация ε_t может быть условно разделена на три основные компоненты [15]:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_y + \varepsilon_{vy} + \varepsilon_{пл}, \quad (4)$$

где

$$\varepsilon_y = E_o^{-1} F^{-1} P_t \quad (5)$$

– упругая компонента;

$$\varepsilon_{пл.} \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon_t (P = 0 \text{ Н}) \quad (6)$$

– пластическая компонента и

$$\varepsilon_{vy} = \varepsilon_t - \varepsilon_y - \varepsilon_{пл} \quad (7)$$

– вязкоупругая компонента.

По аналогии с этим можно разложить и полную механическую работу деформирования [16]:

$$a_t = \int_0^{\varepsilon_t} \sigma_t d\varepsilon = \int_0^{\varepsilon_t} F^{-1} P_t d\varepsilon \quad (8)$$

на упругую обратимую компоненту a_{t0} и вязкоупругопластическую необратимую компоненту a_{tt} , относительные доли которых выражаются формулами:

$$\frac{a_{t0}}{a_t} = \frac{P_t^2}{2E_o F \int_0^{\varepsilon_t} P_t d\varepsilon}, \quad (9)$$

$$\frac{a_{tt}}{a_t} = 1 - \frac{a_{t0}}{a_t} \quad (10)$$

и приведены на рис. 3 (относительные доли упругой a_{t0}/a_t и вязкоупругопластической a_{tt}/a_t компонент механической работы деформирования (Пинема-160)).

Методики разделения деформации и механической работы деформирования иглопробивных нетканых полотен на составные компоненты позволяют оценить упругие, вязкоупругие и пластические свойства материалов, что чрезвычайно важно при технологическом отборе образцов [17].

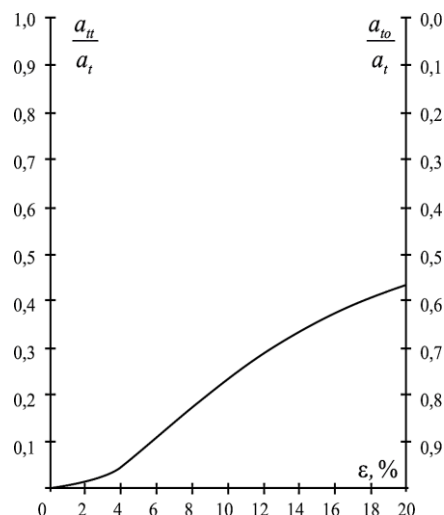


Рис. 3

В качестве примеров применения иглопробивных нетканых полотен Пинема можно привести дорожное строительство. Проведенные исследования материалов группы Пинема показали, например, что Пинема-400 отличается значительным преобладанием доли упругой составляющей механической работы деформирования. Его целесообразно применять на автодорогах с интенсивным движением, так как он быстрее других восстанавливает свою первоначальную форму и не имеет значительных разрушений своей микроструктуры. Однако на участках автодорог с повышенной аварийностью следует использовать материалы, у которых преобладает вязкоупругопластическая компонента деформации (например, Пинема-160), так как такие материалы обладают большей способностью гасить вредные механические воздействия [18].

Известно, что под спектром запаздывания понимается распределение числа запаздывающих частиц по собственным (внутренним) временам запаздывания. Исходя из определения спектра – он не привязан к лабораторному (внешнему) времени. Спектр запаздывания, по своей сути, есть плотность вероятностного распределения всех запаздывающих частиц материала. Для аналитического представления спектра вводится логарифмическая шкала безразмерного времени, привязанная к среднестатистическому времени запаздывания [19].

Спектр запаздывания Q_{pt} связан с податливостью D_{pt} через функцию запаздывания φ_{pt} формулой [20]:

$$\int_0^{\infty} Q_{pt} e^{-tx} dx = \frac{d\varphi_{pt}}{dt}. \quad (11)$$

Пример спектра запаздывания иглопробивного нетканого полотна приведен на рис. 4 (спектр времен запаздывания (Пинема-160)). В рамках рассматриваемой математической модели ползучести, форма спектра запаздывания определяется единственным параметром – интенсивностью процесса ползучести a_n .

Спектральный анализ ползучести позволяет выявить зависимости характеристик материалов от параметров математической модели ползучести, что чрезвычайно важно при проведении технологического отбора образцов материалов, обладающих теми или иными деформационными свойствами [21...24].

Для практической реализации разработанных методов спектрального моделирования и численного прогнозирования ползучести, деформационных и восстановительных процессов нетканых полотен был разработан программный продукт, позволяющий определять их функциональные и эксплуатационные свойства, а также проводить сравнительный анализ образцов исследуемых материалов.

Установлено влияние поверхностной плотности материала на форму спектра запаздывания – через значения структурного коэффициента интенсивности процесса ползучести a_n . Наибольшее значение интенсивности ползучести принимает у материала Пинема-400 ($a_n = 21$), что соответствует более ярко выраженной форме спектра запаздывания, то есть данный материал обладает наибольшей долговечностью и наименее разрушается по сравнению с другими материалами при прочих равных условиях. И, наоборот, у материала Пинема-160 спектр запаздывания менее ярко выражен ($a_n = 11$), что соответствует более рыхлой микроструктуре. Это обстоятельство связано, кроме всего прочего, с количеством проколов на

единицу площади при производстве нетканого материала. Мы видим, что у материала Пинема-400 количество проколов в 3 раза больше, чем у материала Пинема-160. В данном случае наблюдается "упрочнение" микроструктуры материала за счет большего числа пробивок. Однако заметное увеличение числа пробивок в другом случае может привести, наоборот, к уменьшению прочности материала (рис. 4).

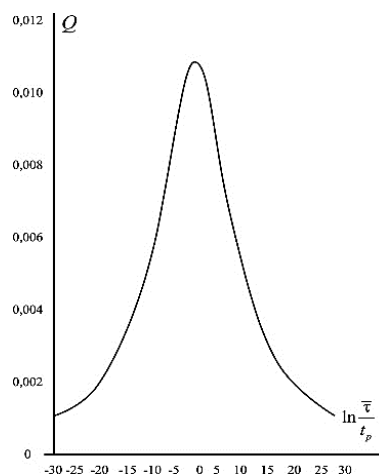


Рис. 4

Спектральное моделирование ползучести позволяет через анализ формы спектров запаздывания решить технологическую задачу отбора образцов материалов, обладающих необходимыми функциональными и эксплуатационными свойствами, что особенно важно на стадии проектирования новых материалов и организации их производства.

ВЫВОДЫ

1. На основе новой модели ползучести геотекстильных нетканых полотен разработаны методики прогнозирования деформационно-восстановительных процессов этих материалов, учитывающие характер указанных процессов (равномерные, активные, длительные, многоступенчатые и др.).

2. Разработаны методики разделения полной деформации и, соответствующей ей, полной механической работы деформирования на упругую, вязкоупругую и пластическую компоненты, имеющие определяющее зна-

чение при качественной оценке эксплуатационных особенностей материала.

3. В рамках предложенной математической модели ползучести геотекстильных иглопробивных нетканых полотен разработана методика определения спектра времен запаздывания.

4. На основе методик выделения упругих, вязкоупругих и пластических компонент механической работы деформирования и полной деформации, а также вычисления спектров запаздывания геотекстильных иглопробивных нетканых полотен, разработано программное обеспечение, позволяющее компьютеризировать численное прогнозирование.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Макаров А.Г. Контроль параметров нелинейно-наследственных ядер релаксации и запаздывания синтетических нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С. 12...16.
2. Сталевич А.М., Макаров А.Г. Вариант спектра наследственно-вязкоупругой релаксации синтетических нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 3. С. 8...13.
3. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант прогнозирования процессов деформирования синтетических нитей // Химические волокна. – 2001, № 4. С. 67...69.
4. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Методы уточнения и контроля прогнозируемых состояний синтетических материалов // Химические волокна. – 2001, № 5. С. 58...61.
5. Сталевич А.М., Макаров А.Г. Определение вязкоупругих характеристик на примере полиакрилонитрильной нити // Химические волокна. – 2001, № 6. С. 68...70.
6. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант спектров релаксации и запаздывания у аморфно-кристаллических синтетических нитей // Химические волокна. – 2002, № 3. С. 52...55.
7. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Прогнозирование восстановительного деформационного процесса и обратной релаксации полимерных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 3. С. 10...13.
8. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Методы компьютерного анализа вязкоупругости технических тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 3. С. 13...17.
9. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Компьютерное исследование вязкоупругости полимерных материалов // Химические волокна. – 2006, № 5. С. 38 ...43.
10. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Оптимизация выбора модели вязкоупругости синтетических нитей // Химические волокна. – 2006, № 6. С. 47...51.
11. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Критерии оптимального выбора математической модели вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 5. С. 18 ...22.
12. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Компьютерное прогнозирование деформационных процессов текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 2. С. 14...18.
13. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Системный анализ вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 3. С. 20 ...24.
14. Макаров А.Г., Демидов А.В., Новоселова А.Г., Сталевич А.М. Методы спектрального моделирования механической релаксации текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1. С. 15...19.
15. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Системный анализ вязкоупругости полиэфирных нитей // Химические волокна. – 2007, № 1. С. 62...65.
16. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант математического моделирования деформационных процессов синтетических нитей // Химические волокна. – 2007, № 6. С. 49...52.
17. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант прогнозирования нелинейно-наследственной вязкоупругости полимеров // Прикладная механика и техническая физика. – 2007. Т. 48, №5. С. 147...157.
18. Макаров А.Г., Демидов А.В., Сталевич А.М. Вариант моделирования нелинейно-наследственной вязкоупругости полимерных материалов // Механика твердого тела. – 2009, № 1. С. 155...165.
19. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Демидов А.В., Вагнер В.И. Спектральный анализ релаксационных свойств полимерных нитей аморфно-кристаллического строения // Химические волокна. – 2013, № 5. С. 44...47.
20. Головина В.В., Рымкевич П.П., Макаров А.Г., Романова А.А. Прогнозирование деформационных и релаксационных процессов в одноосноориентированных полимерных материалах // Химические волокна. – 2013, № 6. С. 33...40.
21. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Разработка методики проведения сравнительного анализа деформационных и релаксационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов на их основе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 48...58.
22. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка методов математического моделирования процессов релаксации и ползучести полимерных нитей на основе их спектральной интерпретации // Химические волокна. – 2017, № 1. С. 69...73.
23. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка критериев достоверности прогнозирования деформационных и релаксационных процессов полимерных материалов // Химические волокна. – 2017, № 2. С. 59...63.

24. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А. Варианты математического моделирования и системного анализа механической релаксации и ползучести полимерных материалов // Химические волокна. – 2017, № 4. С. 46...51.

REFERENCES

1. Makarov A.G. Kontrol' parametrov nelineyno-nasledstvennykh yader relaksatsii i zapazdyvaniya sinteticheskikh nitey // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2000, № 2. S.12...16.

2. Stalevich A.M., Makarov A.G. Variant spektra nasledstvenno-vyazkoupругoy relaksatsii sinteticheskikh nitey // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2000, № 3. S. 8...13.

3. Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant prognozirovaniya protsessov deformirovaniya sinteticheskikh nitey // *Khimicheskie volokna.* – 2001, № 4. S. 67...69.

4. Makarov A.G., Stalevich A.M. Metody utochneniya i kontrolya prognoziruemyykh sostoyaniy sinteticheskikh materialov // *Khimicheskie volokna.* – 2001, №5. S. 58...61.

5. Stalevich A.M., Makarov A.G. Opredelenie vyazkoupругikh kharakteristik na primere poliakrilonitril'noy niti // *Khimicheskie volokna.* – 2001, №6. S.68...70.

6. Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant spektrov relaksatsii i zapazdyvaniya u amorfno-kristallicheskih sinteticheskikh nitey // *Khimicheskie volokna.* – 2002, № 3. S. 52...55.

7. Makarov A.G., Stalevich A.M. Prognozirovanie vosstanovitel'nogo deformatsionnogo protsessa i obratnoy relaksatsii polimernyykh materialov // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2000, № 3. S. 10...13.

8. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Metody komp'yuternogo analiza vyazkoupругosti tekhnicheskikh tkaney // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2006, № 3. S. 13...17.

9. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Komp'yuternoe issledovanie vyazkoupругosti polimernyykh materialov // *Khimicheskie volokna.* – 2006, № 5. S. 38 ...43.

10. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Optimizatsiya vybora modeli vyazkoupругosti sinteticheskikh nitey // *Khimicheskie volokna.* – 2006, №6. S. 47...51.

11. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Kriterii optimal'nogo vybora matematicheskoy modeli vyazkoupругosti tekstil'nykh materialov // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2006, № 5. S. 18 ...22.

12. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Komp'yuternoe prognozirovanie deformatsionnykh protsessov tekstil'nykh materialov // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2007, №2. S.14...18.

13. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Sistemnyy analiz vyazkoupругosti tekstil'nykh materi-

alov // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2007, № 3. S. 20 ...24.

14. Makarov A.G., Demidov A.V., Novoselova A.G., Stalevich A.M. Metody spektral'nogo modelirovaniya mekhanicheskoy relaksatsii tekstil'nykh materialov // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2007, № 1. S. 15...19.

15. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Sistemnyy analiz vyazkoupругosti poliefirnykh nitey // *Khimicheskie volokna.* – 2007, № 1. S. 62...65.

16. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant matematicheskogo modelirovaniya deformatsionnykh protsessov sinteticheskikh nitey // *Khimicheskie volokna.* – 2007, № 6. S. 49...52.

17. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant prognozirovaniya nelineyno-nasledstvennoy vyazkoupругosti polimerov // *Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika.* – 2007, Т. 48, №5. S. 147...157.

18. Makarov A.G., Demidov A.V., Stalevich A.M. Variant modelirovaniya nelineyno-nasledstvennoy vyazkoupругosti polimernyykh materialov // *Mekhanika tverdogo tela.* – 2009, № 1. S. 155...165.

19. Makarov A.G., Pereborova N.V., Demidov A.V., Vagner V.I. Spektral'nyy analiz relaksatsionnykh svoystv polimernyykh nitey amorfno-kristallicheskogo stroeniya // *Khimicheskie volokna.* – 2013, №5. S.44...47.

20. Golovina V.V., Rymkevich P.P., Makarov A.G., Romanova A.A. Prognozirovanie deformatsionnykh i relaksatsionnykh protsessov v odnoosnoorientirovannykh polimernyykh materialakh // *Khimicheskie volokna.* – 2013, № 6. S. 33...40.

21. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Vasil'eva E.K. Razrabotka metodiki provedeniya sravnitel'nogo analiza deformatsionnykh i relaksatsionnykh svoystv aramidnykh nitey i tekstil'nykh materialov na ikh osnove // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2015, № 5. S. 48...58.

22. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Razrabotka metodov matematicheskogo modelirovaniya protsessov relaksatsii i polzuchesti polimernyykh nitey na osnove ikh spektral'noy interpretatsii // *Khimicheskie volokna.* – 2017, № 1. S. 69...73.

23. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Razrabotka kriteriev dostovernosti prognozirovaniya deformatsionnykh i relaksatsionnykh protsessov polimernyykh materialov // *Khimicheskie volokna.* – 2017, № 2. S. 59...63.

24. Demidov A.V., Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A. Varianty matematicheskogo modelirovaniya i sistemnogo analiza mekhanicheskoy relaksatsii i polzuchesti polimernyykh materialov // *Khimicheskie volokna.* – 2017, № 4. S. 46...51.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации СПбГУПТД. Поступила 11.02.19.

УДК 677.022:19.86

МОДЕЛИРОВАНИЕ УДЛИНЕНИЯ ОСНОВНОЙ НИТИ В ТКАНИ
SIMULATION OF THE WARP THREAD'S ELONGATION IN FABRICS

П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т.А. САМОЙЛОВА, В.В. МОНАХОВ

P.A. SEVOSTYANOV, T.A. SAMOYLOVA, V.V. MONAKHOV

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

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

E-mail: petrsev46@yandex.ru

Исследована деформация нитей основы с помощью метода конечных элементов. В системе Comsol построена модель удлинения основной нити. Изучена роль нелинейной формы, которую приобретает нить при формировании ткани.

The deformation of the warp threads was studied with the use of the finite element method. In the Comsol system, a model of the extension of the warp thread is designed. The role of a non-linear form that acquires a thread in the formation of fabric has been studied.

Ключевые слова: компьютерная модель, основа, уток, удлинение, ткань, нелинейная форма.

Keywords: computer model, warp, weft, elongation, fabric, nonlinear form.

В [1...3] рассмотрены разработанные авторами компьютерные модели деформации и разрыва прямоугольных образцов тканого полотна и описаны результаты некоторых экспериментов с этими моделями. Накопленный опыт работы с этими моделями показал, что они, безусловно, углубляют представления о механизме взаимодействия нитей в ткани, роли переплетения и физической природы волокон, из которых выработаны нити основы и утка [4...7]. Вместе с тем, разра-

ботанные модели ограничены различными условиями, предположениями, неопределенностью исходных данных [8...10]. Это стимулирует разработку новых моделей в качестве эффективных инструментов для дальнейших исследований [11...13].

Рассмотрим роль нелинейной формы, которую приобретают нити основы в процессе их заработка в полотно, при растяжении образца ткани на разрывной машине. В рассматриваемой модели нить основы рассмат-

ривается как сплошная среда. Для исследования ее деформации использован метод ко-

нечных элементов. Геометрическая модель нити основы в полотне показана на рис. 1.

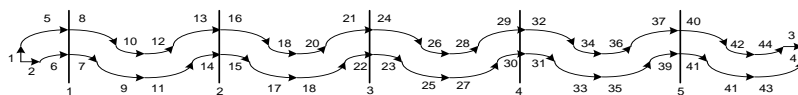


Рис. 1

Контур нити составлен из эллиптических сегментов, которые отмечены порядковыми номерами. Эллиптические сегменты согласуются с формой поперечных сечений уточных нитей и формой основной нити на фотографиях поперечных сечений ткани. Для моделирования динамики удлинения образца вдоль основы с постоянной скоростью зададим краевые условия: сегмент 1 не смещается и не вращается в течение всего моделируемого интервала времени. Сегмент 4 смещается вправо на величину u_4 с постоянной скоростью V : $u_4(t) = Vt$. При растяжении основной нити амплитуды полуволн ее формы уменьшаются, и возрастает сопротивление деформации основы со стороны уточных нитей. Эта специфика деформации основы учтена в модели заданием граничных условий на контуре формы. На сегментах {6, 7, 14, 15, 22, 23, 30, 31, 39, 41} задана нарастающая со временем нагрузка $P(t) = pt$, а на сегментах {10, 12, 18, 20, 26, 28, 34, 36, 42, 44} нагрузка – $P(t)$, которые направлены вдоль оси Y , соответственно в положительном и отрицательном направлениях. $P(t)$ имитируют нарастающее сопротивление уточин распрямлению основы при ее удлинении. К сегментам {7, 12, 15, 18, 23, 26, 30, 34, 39, 42} приложены также силы $T(t) = -mt$. Эти нагрузки имитируют нарастающее противодействие уточин смещению полуволн основы в сторону удлинения. Они направлены вдоль оси X в сторону, противоположную удлинению.

При формировании элемента ткани нить основы подвергается деформации. В результате форма и площадь поперечного сечения, механические характеристики нити в разных сечениях могут заметно отличаться. Эти изменения сохраняются в нити вследствие пластической составляющей ее свойств. В первом приближении эту неоднородность нити по длине можно учесть, задавая модуль уп-

ругости в виде периодической функции по длине нити $E(x) = E_0(1 + A \cos(2\pi x / L_0 - q))$. Здесь E_0 – постоянная составляющая модуля; A – доля переменной составляющей модуля; L_0 – длина раппорта по основе. Аналогичная формула использована для коэффициента Пуассона $m(x)$. Начальная фаза q задавалась таким образом, чтобы наибольшие значения $E(x)$ и наименьшие значения $m(x)$ приходились на участки перекрытия нитей основы и утка.

Как известно [1], [2], [13], любая математическая и компьютерная модель обладает свойствами подобия, которые позволяют задавать все параметры модели в относительных единицах. В описываемой модели наибольшее удлинение равно $D = 10\%$ длины образца. Длина моделируемого участка нити составляла всего пять раппортов, что оказалось достаточным для обнаружения эффектов и нивелирования особенностей деформации на концах нити. Относительная величина амплитуды $A = 0,2$; "средний" диаметр нити равен 20% длины раппорта. В МКЭ для построения сетки использована триангуляция Делоне с числом степеней свободы 12544. Приведенные ниже результаты относятся к конечному состоянию нити по завершении удлинения. Моделирование выполнено в системе Comsol.

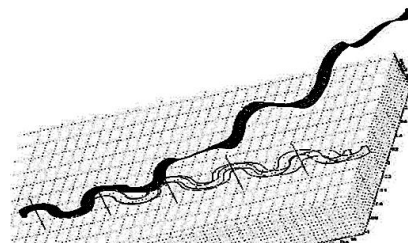


Рис. 2

На рис. 2 показана трехмерная диаграмма распределения удлинения нити и по длине образца. Периодические вариации параметров нити и внешних воздействий от уточ-

ных нитей привели к заметным вариациям и отклонениям от линейного закона, который описывает удлинение однородного и прямолинейного стержня. В нижней части рисунка показаны контуры недеформированной и деформированной нити.



Рис. 3

На рис. 3 показаны линии уровня распределения обобщенного напряжения "по Мизесу" (вверху) и главного компонента тензора относительной деформации ϵ_{ps} (внизу) по оси X в объеме нити. На рис. 4 показано распределение ϵ_{ps} вдоль поперечного сечения у нити в различных поперечных сечениях нити 1...5 на рис. 1 в зависимости от положения этих сечений на длине нити. Сечения показаны на рис. 1 вертикальными линиями.

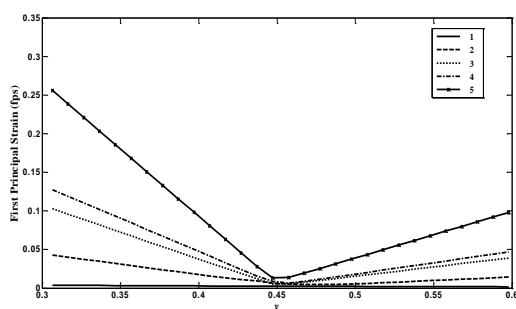


Рис. 4

Из приведенных диаграмм следует, что деформация нити основы при удлинении образца ткани существенно отличается от деформации удлинения нити до заработка ее в ткань. Происходит не просто аффинное пропорциональное преобразование всех сечений нити, но меняется форма нити, например, форма полуволн. Деформация сосредотачивается в основном на участках перекрытия нитей основы и утка. Промежуточные участки основы напряжены в значительно меньшей степени, несмотря на меньшие значения модуля упругости для этих участков благодаря большим углам наклона этих участков к плоскости ткани.

ВЫВОДЫ

Существенная неоднородность деформации нити по длине и поперечным сечениям

должна учитываться при анализе деформации и разрыва ткани, изучении прочности тканых полотен, проектировании и выборе переплетения, при моделировании деформации образцов ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов П.А. Компьютерные модели в механике волокнистых материалов. – М.: Тисо Принт, 2013. ISBN 978-5-9904852-1-1
2. Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е. Компьютерное моделирование в задачах исследования текстильных материалов и производств. – М.: Тисо Принт, 2014. ISBN 978-5-9904852-2-8
3. Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е., Баландин Е.А. Статистическое компьютерное моделирование одноосного растяжения тканого полотна методом конечных элементов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №6. С.102...105.
4. Севостьянов П.А. О закономерности расположения утка в ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, №2. С.89...92.
5. Севостьянов П.А. Взаимосвязь между неровнотой пряжи и неровнотой ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, №4. С.95...98.
6. Севостьянов П.А. Оценка размера зоны формирования ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №2. С.99...106.
7. Севостьянов П.А., Митихин В.Г., Никитиных Е.И. Исследование на ПЭВМ статистических свойств алгоритмов прогнозирования свойств текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №3. С.66...69.
8. Севостьянов П.А., Радов А.В. Алгоритм моделирования прибора уточных нитей к опушке ткани как волнового процесса в сплошной среде с кулоновским трением // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №2С. С.72...76.
9. Севостьянов П.А., Радов А.В. Исследование роли кулоновского трения в некоторых волокнистых продуктах методами статистического компьютерного моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №1. С.77...83.
10. Севостьянов П.А., Никитюк В.Ю., Забродин Д.А., Лебедева В.И. Статистическая имитация истирания тканей методами компьютерного моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С.93...96.
11. Севостьянов П.А., Баландин Е.А., Бутенко Т.С. Сингулярный спектральный анализ неравномерности структуры тканых полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №3. С.112...116.
12. Севостьянов П.А., Забродин Д.А. Обобщенная перколяционная модель износа двумерных полотен из волокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №4. С.151...153.

13. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2008.

REFERENCES

1. Sevost'yanov P.A. Komp'yuternye modeli v mekhanike voloknistykh materialov. – М.: Tiso Print, 2013. ISBN 978-5-9904852-1-1

2. Sevost'yanov P.A., Zabrodin D.A., Dasyuk P.E. Komp'yuternoe modelirovanie v zadachakh issledovaniya tekstil'nykh materialov i proizvodstv. – М.: Tiso Print, 2014. ISBN 978-5-9904852-2-8

3. Sevost'yanov P.A., Zabrodin D.A., Dasyuk P.E., Balandin E.A. Statisticheskoe komp'yuternoe modelirovanie odnoosnogo rastyazheniya tkanogo polotna metodom konechnykh elementov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2014, №6. S.102...105.

4. Sevost'yanov P.A. O zakonomernosti raspolozheniya utka v tkani // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1971, №2. S.89...92.

5. Sevost'yanov P.A. Vzaimosvyaz' mezhdru nerovnotoy pryazhi i nerovnotoy tkani // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1971, №4. S.95...98.

6. Sevost'yanov P.A. Otsenka razmera zony formirovaniya tkani // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1978, №2. S.99...106.

7. Sevost'yanov P.A., Mitikhin V.G., Nikitinykh E.I. Issledovanie na PEVM statisticheskikh svoystv algoritmov prognozirovaniya svoystv tekstil'nykh materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1992, №3. S.66...69.

8. Sevost'yanov P.A., Radov A.V. Algoritm modelirovaniya priboya utochnykh nitay k opushke tkani kak volnovogo protsessa v sploshnoy srede s kulonovskim treniem // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2008, №2S. S.72...76.

9. Sevost'yanov P.A., Radov A.V. Issledovanie roli kulonovskogo treniya v nekotorykh voloknistykh produktakh metodami statisticheskogo komp'yuternogo modelirovaniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2008, №1. S.77...83.

10. Sevost'yanov P.A., Nikityuk V.Yu., Zabrodin D.A., Lebedeva V.I. Statisticheskaya imitatsiya istiraniya tkaney metodami komp'yuternogo modelirovaniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, №2. S.93...96.

11. Sevost'yanov P.A., Balandin E.A., Butenko T.S. Singulyarnyy spektral'nyy analiz neravnomernosti struktury tkanykh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2010, №3. S.112...116.

12. Sevost'yanov P.A., Zabrodin D.A. Obobshchennaya perkolyatsionnaya model' iznosa dvumernykh poloten iz voloknistykh materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, №4. S.151...153.

13. Shcherbakov V.P., Skulanova N.S. Osnovy teorii deformirovaniya i prochnosti tekstil'nykh materialov. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2008.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления. Поступила 02.04.18.

УДК 677+687

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

SCIENTIFIC AND TECHNICAL INTEGRATION AS A BASIS FOR THE FORMATION OF INNOVATION PROJECTS

С.А. КОКШАРОВ, Н.Л. КОРНИЛОВА, Е.Н. НИКИФОРОВА, С.В. ФЕДОСОВ

S.A. KOKSHAROV, N.L. KORNILOVA, E.N. NIKIFOROVA, S.V. FEDOSOV

(Ивановский государственный политехнический университет,
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново,
ООО "Инжиниринговый центр текстильной и легкой промышленности", г. Иваново)

(Ivanovo State Polytechnic University,
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Science, Ivanovo,
LLC "Engineering Center for Textile and Light Industry", Ivanovo)

E-mail: nkorn@mail.ru; ksa@isc-ras.ru

Представлены описания инновационных проектов, созданных кросс-функциональными командами в рамках научно-технической интеграции. По заказам предприятий реального сектора экономики результаты фундаментальных разработок трансформированы в бизнес-проекты по получению инновационной продукции и выведению ее на рынок.

The article presents descriptions of innovative projects created by cross-functional teams in the framework of scientific and technical integration. By orders of enterprises in the real sector of the economy, the results of fundamental development have been transformed into business projects for obtaining innovative products and bringing them to market.

Ключевые слова: инновация, кросс-функциональная команда, композиты, нанотехнологии.

Keywords: innovation, cross-functional team, composites, nanotechnology.

Инновационные процессы, как часть хозяйственного механизма, играют важную роль в переносе высоких технологий из области фундаментальных разработок в производство. Правильная организация этих процессов способствует коммерциализации науки, позитивным структурным сдвигам в экономике, росту конкурентоспособности продукции на мировом рынке, повышению уровня социально-технологической подготовки населения.

Деятельность кросс-функциональных команд позволяет получить максимальный результат на основе имеющихся ресурсов. Под кросс-функциональной командой в современной теории управления персоналом подразумевается коллектив, сформированный из специалистов различных профилей, которые работают вместе над какой-либо общей задачей. Подобные коллективы за счет синергетического объединения навыков, знаний и опыта их участников, равно как и их личностных качеств, могут добиваться выдающихся результатов, особенно при решении нетривиальных задач.

В ИХР РАН и ИВГПУ вопросам интеграции придается первостепенное значение как реальному принципу организации научной и инновационной деятельности. В частности, с 2010 г. действует совместный научно-образовательный центр "Новые материалы и технологии для текстильной, легкой и строительной индустрии", который в 2014 г. обрел статус структурного подразделения ИВГПУ для выполнения комплексного проекта, поддержанного Министерством образования РФ (задание № 11.1898.2014/К). Проект направлен на подбор рациональных сочетаний методов наноструктурной модификации материалов при создании композитов. Работы проводились с активным ис-

пользованием оборудования Центра коллективного пользования, действующего при ИХР РАН, для исследования состояния нано- и микродисперсных объектов, нанопоровой структуры волокнистых материалов, эффектов поверхностной тонкослойной модификации полимеров, а также характеристик взаимодействия, превращений и фазовых переходов в системах. Проект показал, что, отталкиваясь от научного результата, можно находить ему наиболее эффективное многовариантное технологическое применение.

В реализации разработок важным координирующим звеном и партнером является Инжиниринговый центр текстильной и легкой промышленности, который осуществляет всестороннюю поддержку в превращении генерируемых учеными научных компетенций в полноценные бизнес-проекты, а также в поиске промышленного партнера. Принципиальный момент, с которым приходится сталкиваться при переходе от научной стадии к инновационной, состоит в необходимости *адаптации научных знаний и разработок к реальным потребностям заказчика.*

Например, разрабатывая методы регулирования упруго-деформационных свойств формообразующих композитных материалов [1], мы видим возможности их применения при получении препрегов для авиа- и судостроения. А изначально востребованными они стали в швейном производстве [2] при реализации проекта №10359p/18331 по программе СТАРТ Фонда содействия инновациям. Специфика задач связана с тем, что материал должен обретать жесткость не на стадии дублирования основной ткани клеевой прокладкой, а лишь на заключительной стадии закрепления объемной формы изделия при пропаривании. Следовательно, подбор компонентов и способов модификации

должен осуществляться так, чтобы именно в этих условиях проходила самосборка полимерного связующего в сложных пространственных формах, иллюстрируемых схемами на рис. 1 (варианты получения полимерного связующего сложной архитектурной формы для регулирования упругодеформационных свойств композитных материалов: а – полимерные щетки; б – гребнеобразные полимеры). Причем для обеспечения упругости пакета, боковые ответвления макромолекул должны попадать в поровую структуру волокнистых материалов в соединяемых текстильных слоях [3], [4].

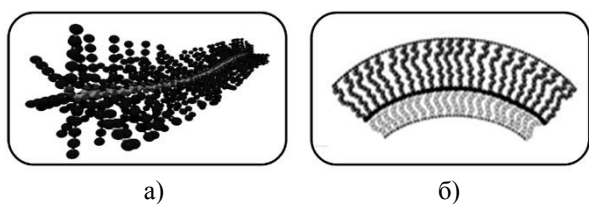


Рис. 1

Разработки специалистов ИВГПУ по получению совместно с ИвНИИПИК самоклеящихся пленочных материалов [5] адаптированы под запросы заказчика для решения задачи, актуальной в производстве утепленной одежды и связанной с миграцией утеплителя через проколы ниточного соединения деталей изделия. Для этого нужны специальные пленки, защитный слой которых должен обладать необходимой прочностью и вместе с этим эластичностью для повторения формы шва любой сложности и кривизны. А вязкий слой адгезива должен не только приклеиваться к поверхности материала, но и заполнять собой прокол от иглы. Кроме того, он не должен приклеивать пушину и пропускать ее через прокол [6]. Задачи оптимизации рецептур для каждого слоя полимерного композита решаются в сочетании с вопросами получения удобной выпускной формы материала и его применения в швейном производстве.

В стартапе, реализуемом сотрудниками ИХР РАН совместно со специалистами ИГМА и ПГНИУ, разработки, изначально ориентированные на получение медицинских перевязочных материалов [7], адаптируются под запросы заказчика, связанные с производством изделий с профилактической

антимикробной защитой. Причем эффект должен быть устойчив к многократным стиркам изделия, что отличается от одноразового применения медицинских повязок и переводит решаемые задачи в иную плоскость – обоснование условий синтеза наночастиц серебра с регулируемой субстантивностью к волокну [8].

Компетенции в области биотехнологий модификации льняных текстильных материалов [9...11] нашли применение в проекте, ориентированном на переработку малоценных отходов первичной обработки льна в эффективные кормовые добавки для животноводства [12]. Проект реализуется в интересах владимирских предпринимателей. Планируется выпуск 6 видов продукта для разных сельскохозяйственных животных. Основным эффектом ожидается в результате существенного роста мясо-молочной продуктивности крупного рогатого скота. Так далеко реализуемый вариант стартапа уходит от начальной научной идеи.

Особое внимание мы уделяем созданию кросс-функциональных команд для реализации комплексных проектов, которые могли бы войти, например, в дорожную карту рынка FashionNet. Такие проекты объединены идейно, а участники, представляя автономные разработки, как бы по эстафете решают взаимосвязанные задачи.

Один из таких проектов посвящен созданию новых материалов и изделий для районов Крайнего Севера. Проект включает разработки, направленные на повышение технологичности низкотемпературного формования и прочностных характеристик бетона за счет применения композиционных ускорителей твердения [13...15], а также специальной формы фторированного полипропиленового волокна [16] для морозостойкого фибробетона. Предлагается комплекс решений по получению армированных композитных материалов для модульного строительства [17], для производства ветрозащитных сооружений и изделий, теплозащитных средств и специальной одежды для 4-го и особого климатических поясов [18].

В проект по созданию трикотажных основ для композитных изделий сгруппированы разработки, отвечающие современным тенден-

циям, предполагающим освоение цифровых технологий в проектировании и производстве продукции. Возможно, это лишь "цокольный этаж" в здании цифровой фабрики будущего, но здесь на языке математических зависимостей и программных продуктов осуществляется проектирование упругости композитов, исходя из структурных параметров полиуретанового связующего [19], [20], выполняется анализ взаимосвязи деформационных характеристик со свойствами материалов [21]. Второе направление связано с проектированием структурных параметров трикотажных основ с учетом необходимых механических, виброакустических, теплотехнических и других свойств композитов [22], [23]. Третье направление посвящено проектированию геотекстиля с программируемым биологическим разрушением [24], четвертое – проектированию структур и процессов изготовления основвязанных геотекстильных материалов с привязкой к конструкции оборудования и параметрам полотна [25]. Здесь реализуются разработки, важные для производства текстильных основ из высокомодульных нитей на типовых трикотажных машинах и направленные на создание новых конструкций трикотажных игл и нитепередающих устройств с оптимальной геометрией рабочей поверхности и улучшенными триботехническими характеристиками [26].

Комплексный проект сформирован в направлении получения льняных армирующих материалов для биополимерных композитов. Интерес к таким материалам весьма велик. Основным барьером является огромное количество пороков дробления льняных комплексов, которые неравномерно пропитываются связующим и становятся причиной скрытых дефектов композитного материала. Про-

ект, как показано на рис. 2 (методы повышения однородности льняных армирующих основ для биокompозитов), охватывает три направления получения высококачественных льняных продуктов для композитов с учетом специфики требований в разнообразных сферах использования последних.

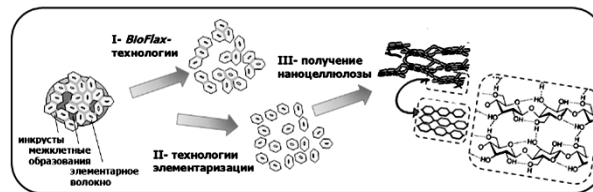


Рис. 2

На рис. 3 представлены перспективные виды продуктов льнопереработки.

Одно направление основано на применении биотехнологий для повышения равномерности дробления длинного льняного волокна [27] с целью получения ровинга и ориентированных настилков (рис. 3-а), либо пряжи с повышенной прочностью [28]. Второе направление ориентировано на получение нового вида льноволокнистого материала – элементаризованного волокна [29] (рис. 3-б), которое можно использовать в виде фибры, нетканых полотен или для производства пряжи методами сухого прядения [30]. А третье – предполагает производство наноцеллюлозы [31...32], на базе которой можно получать уникальную инновационную продукцию (рис. 3-в), например, высокопрочные пленки и покрытия, практически невесомые материалы с отличными тепло- и звукоизолирующими свойствами, армированные полимерные материалы, в том числе для аддитивных технологий, материалы с особыми оптическими свойствами и др.

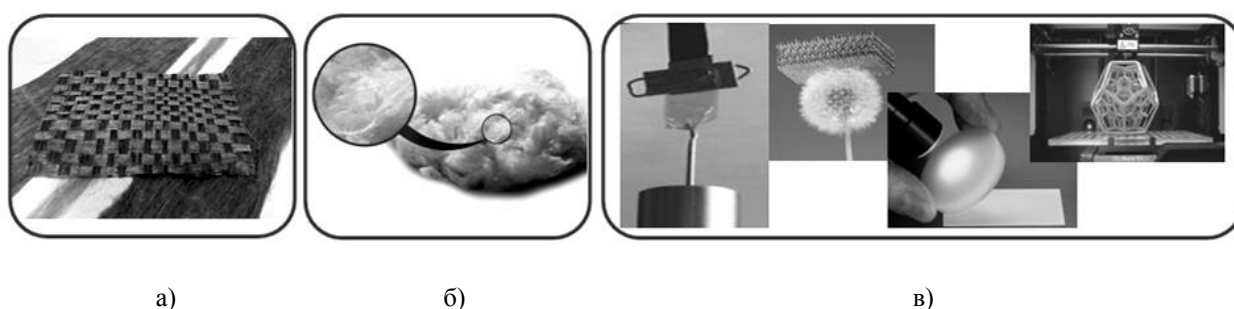


Рис. 3

В соответствии с актуальными правительственными инициативами по разработке комплексного проекта развития льняного сектора (или кластера), в структуру которого входит и Ивановская область, сформирован инновационный портфель предложений для включения в программу НИОКР, которая должна стать базой для организации производства высококонкурентной продукции на основе отечественного льняного сырья. Проекты ориентированы на реализацию в краткосрочной перспективе и распределены на три блока.

Блок 1. Совершенствование переработки льноволокнистых материалов в текстильном производстве:

- разработка одностадийной технологии окислительной варки при подготовке ровницы отечественных сортов льноволокна к мокрому прядению;

- разработка ресурсосберегающих технологий облагораживания тканей с котонином и придания им совокупности улучшенных потребительских свойств в условиях хлопчатобумажных предприятий;

- разработка импортозамещающих технических льносодержащих тканей и нетканых материалов с комплексом улучшенных защитных свойств.

Блок 2. Получение льняных текстильных материалов с новыми потребительскими свойствами:

- биохимическая технология получения умягченных льняных полотен с начесным ворсом;

- технология очистки и беления льноволокна для создания нетканых матриц и инновационных изделий медицинского и косметологического назначения с комплексом полезных свойств.

Блок 3. Повышение полноты использования сырья и получение нового вида продуктов:

- получение льняного ровинга для мультиаксиальных текстильных основ биополимерных композитов;

- проектирование и изготовление опытных промышленных образцов оборудования для получения механически элементаризованного льняного волокна;

- технология получения льняной нанокристаллической целлюлозы из пуховых фракций льноволокна;

- низкотемпературная переработка льняной биомассы в целлюлозу (волокнистую, порошковую, микрокристаллическую) для многоцелевого использования;

- создание на базе отходов льнопереработки экологически чистых малозатратных строительных материалов – льнофибробетона и арболита;

- биохимическая переработка отходов производства льноволокна и льняных угаров в сельскохозяйственные кормовые продукты.

В Ы В О Д Ы

Использование кросс-функциональных команд в рамках научно-технической интеграции способствует успешной трансформации результатов фундаментальных разработок в бизнес-проекты по получению инновационной продукции по заказам предприятий реального сектора экономики.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Fedosov S.V. Development of reinforced composite materials with a nanoporous textile substrate and a brush-structured polymer interfacial layer // Russian Journal of General Chemistry. – V. 87, №6, 2017. P. 1428...1438.

2. Kornilova N. et al. Development of reinforced interlining materials to regulate elastic properties // Indian Journal of Fibre & Textile Research. – V.42, 2017. P.150...159.

3. Кокишаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Модификация полиэфирного волокна для создания композитных материалов с регулируемой жесткостью // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2016. Т. 59, № 6. С. 105...111.

4. Кокишаров С.А. и др. Влияние структурных характеристик термоклеевых материалов на жесткость дублированного пакета // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 96...101.

5. Метелева О.В., Дьяконова Е.В., Бондаренко Л.И. Самоклеящийся материал как основа формирования непроницаемого соединения в одежде // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 5. С. 105...108.

6. Дьяконова Е.В., Метелева О.В. Анализ условий эксплуатации утепленной одежды на миграцию пуха // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2014, № 4. С. 79...82.

7. Erohina E.V. et al. Synthesis of biologically active copper sols in the presence of complex-forming compounds // Russian Journal of Applied Chemistry. – V.88, №5, 2015. P. 738...745.
8. Galashina V.N. et al. Modification of Polyester and cellulose fiber-based materials with biologically active mono- and bimetallic nanoparticles // Russian Journal of General Chemistry. – V. 87, №6, 2017. P.1403...1411.
9. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning // Autex Research Journal. – V.15, №3, 2015. P. 215...225.
10. Lepilova O.B., Aleeva S.B., Koksharov S.A. Анализ химических превращений лигнина в щелочных растворах моносахаридов // Химия растительного сырья. – 2013, № 1. С. 47...52.
11. Aleeva S.B., Koksharov S.A. Особенности биохимической мацерации отечественного и импортного льняного сырья: закономерности расщепления полиуронидных соединений ферментами пектолитического комплекса // Химия растительного сырья. – 2010, № 4. С. 5...10.
12. Aleeva S.B., Lepilova O.B., Koksharov S.A. Технологические подходы к биомодификации структуры льняного волокна для получения сорбционных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 319...324.
13. Koksharov S.A. et al. Condition of the Mechanoactivated Calcium Chloride Solution and its Influence on Structural and Mechanical Characteristics of Cement Stone // Eurasian Chemico-Technological Journal. – V.17, № 4, 2015. P. 327...333.
14. Koksharov S.A. и др. Анализ влияния дисперсности хлорида кальция в механоактивированном растворе на структуру и свойства цементного камня // Строительные материалы. – 2016, № 1-2. С.55...61.
15. Федосов С.В. и др. Механомагнитная активация водных растворов химических добавок как способ модифицирования мелкозернистого бетона // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2014. Т. 57, № 3. С. 111...115.
16. Prorokova N.P., Buznik V.M. New methods of modification of syntetic fibrous materials // Russian Journal of General Chemistry. – V.87, №6, 2017. P.1371...1377.
17. Корнилова Н.Л., Кокшаров С.А. Методология подбора состава полиуретанового связующего композиционных материалов с регулируемой жесткостью // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2013, № 1. С. 30...34.
18. Белова И.Ю., Тихонов А.И. Расчет системы термостатирования термоэкранирующего плаща с элементами Пельтье // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 3. С.154...158.
19. Корнилова Н.Л., Кокшаров С.А. Влияние строения предполимера на жесткость полиуретанового связующего композитных материалов для ортопедических корсетных изделий // Вестник Технологического университета. – 2015. Т.18, №6. С.143...146.
20. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л. Закономерности регулирующего влияния соотношения предполимера и изоцианата на жесткость полиуретанового связующего композитных материалов // Вестник Технологического университета. – 2017. Т.20, № 6. С.42...45.
21. Васильев Д.А. и др. Определение взаимосвязи характеристик деформации развертки 3D-изделия со свойствами материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2012. Т.16, № 2. С.56...60.
22. Башков А.П., Башкова Г.В., Румянцева О.С. Прогнозирование теплопроводности многослойных текстильных структур // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2016. Т.34, № 4. С. 72...74.
23. Башков А.П., Башкова Г.В., Молодкина М.А. Прогнозирование механических свойств композитных материалов, армированных основовязаным трикотажем // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 6. С. 140...144.
24. Башков А.П. и др. Упрочняющий противозероизийный эффект применения трикотажной геосетки на склонах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 6. С. 80...84.
25. Капралов В.В. и др. Метод проектирования основовязаных геосеток // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С.105...108.
26. Чистобородов Г.И., Капралов В.В., Никифорова Е.Н. Исследование влияния формы крючка иглы на эффект перетяжки кулируемой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 3. С. 144...148.
27. Aleeva S.B. Влияние содержания лигнина и гемицеллюлоз на жесткость тканых полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С. 129...131.
28. Aleeva S.B., Koksharov S.A. Дифференцированная оценка влияния примесей льняного волокна на свойства пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1. С. 66...70.
29. Стокозенко В.Г. и др. Влияние элементаризации льноволокна на его свойства и состав примесей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 54...58.
30. Ларин И.Ю. и др. Математическая модель процесса кручения пряжи из элементаризованных льняных волокон на прядильной машине пневмомеханического способа прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С.66...70.
31. Zakharov A.G. et al. Nanocrystalline cellulose and materials based on it // Fibre Chemistry. – V.47, №4, 2015. P. 278...283.
32. Voronova M.I. et al. Thermal stability of polyvinyl alcohol / nanocrystalline cellulose composites // Carbohydrate Polymers. – V.130, 2015. P. 440...447.

REFERENCES

1. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Fedosov S.V. Development of reinforced composite materials with a

nanoporous textile substrate and a brush-structured polymer interfacial layer // Russian Journal of General Chemistry. – V. 87, №6, 2017. P. 1428...1438.

2. Kornilova N. et al. Development of reinforced interlining materials to regulate elastic properties // Indian Journal of Fibre & Textile Research. – V.42, 2017. P.150...159.

3. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Fedosov S.V. Modifikatsiya poliefirnogo volokna dlya sozdaniya kompozitnykh materialov s reguliruemoy zhestkost'yu // Izv. vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. – 2016. T. 59, № 6. S. 105...111.

4. Koksharov S.A. i dr. Vliyanie strukturnykh kharakteristik termokleevykh materialov na zhestkost' dublirovannogo paketa // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 4. S. 96...101.

5. Meteleva O.V., D'yakonova E.V., Bondarenko L.I. Samokleyashchiysya material kak osnova formirovaniya nepronitsaemogo soedineniya v odezhde // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2014, № 5. S. 105...108.

6. D'yakonova E.V., Meteleva O.V. Analiz usloviy ekspluatatsii uteplennoy odezhdy na migratsiyu pukha // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2014, № 4. S. 79...82.

7. Erohina E.V. et al. Synthesis of biologically active copper sols in the presence of complex-forming compounds // Russian Journal of Applied Chemistry. – V.88, №5, 2015. P. 738...745.

8. Galashina V.N. et al. Modification of Polyester and cellulose fiber-based materials with biologically active mono- and bimetallic nanoparticles // Russian Journal of General Chemistry. – V. 87, №6, 2017. P.1403...1411.

9. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning // Autex Research Journal. – V.15, № 3, 2015. P. 215...225.

10. Lepilova O.V., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Analiz khimicheskikh prevrashcheniy lignina v shchelochnykh rastvorakh monosakharidov // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. – 2013, № 1. S. 47...52.

11. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Osobennosti biokhimicheskoy matseratsii otechestvennogo i importnogo l'nyanogo syr'ya: zakonomernosti rasshchepleniya poliuronidnykh soedineniy fermentami pektoliticheskogo kompleksa // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. – 2010, № 4. S. 5...10.

12. Aleeva S.V., Lepilova O.V., Koksharov S.A. Tekhnologicheskie podkhody k biomodifikatsii struktury l'nyanogo volokna dlya polucheniya sorbtionnykh materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 1. S. 319...324.

13. Koksharov S.A. et al. Condition of the Mechanoactivated Calcium Chloride Solution and its Influence on Structural and Mechanical Characteristics of Cement Stone // Eurasian Chemico-Technological Journal. – V.17, № 4, 2015. P. 327...333.

14. Koksharov S.A. i dr. Analiz vliyaniya dispersnosti khlorida kal'tsiya v mekhanoaktivirovannom rastvore na strukturu i svoystva tsementnogo kamnya // Stroitel'nye materialy. – 2016, № 1-2. S. 55...61.

15. Fedosov S.V. i dr. Mekhanomagnitnaya aktivatsiya vodnykh rastvorov khimicheskikh dobavok kak sposob modifitsirovaniya melkozernistogo betona // Izv. vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. – 2014. T. 57, № 3. S. 111...115.

16. Prorokova N.P., Buznik V.M. New methods of modification of syntetic fibrous materials // Russian Journal of General Chemistry. – V.87, №6, 2017. P.1371...1377.

17. Kornilova N.L., Koksharov S.A. Metodologiya podbora sostava poliuretanovogo svyazuyushchego kompozitsionnykh materialov s reguliruemoy zhestkost'yu // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2013, № 1. S. 30...34.

18. Belova I.Yu., Tikhonov A.I. Raschet sistemy termostatirovaniya termoekraniruyushchego plashcha s elementami Pel'te // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 3. S. 154...158.

19. Kornilova N.L., Koksharov S.A. Vliyanie stroeniya predpolimera na zhestkost' poliuretanovogo svyazuyushchego kompozitnykh materialov dlya ortopedicheskikh korsetnykh izdeliy // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. T.18, № 6. S. 143...146.

20. Koksharov S.A., Kornilova N.L. Zakonomernosti reguliruyushchego vliyaniya sootnosheniya predpolimera i izotsianata na zhestkost' poliuretanovogo svyazuyushchego kompozitnykh materialov // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2017. T.20, № 6. S.42...45.

21. Vasil'ev D.A. i dr. Opredelenie vzaimosvyazi kharakteristik deformatsii razvertki 3D-izdeliya so svoystvami materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2012. T.16, № 2. S. 56...60.

22. Bashkov A.P., Bashkova G.V., Rumyantseva O.S. Prognozirovaniye teploprovodnosti mnogoslounnykh tekstil'nykh struktur // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2016. T.34, № 4. S. 72...74.

23. Bashkov A.P., Bashkova G.V., Molodkina M.A. Prognozirovaniye mekhanicheskikh svoystv kompozitnykh materialov, armirovannykh osnovovoyazanykh trikotazhem // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 6. S. 140...144.

24. Bashkov A.P. i dr. Uprochnyayushchiy protiveroziynnyy effekt primeneniya trikotazhnoy geosetki na sklonakh // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2014, № 6. S. 80...84.

25. Kapralov V.V. i dr. Metod proektirovaniya osnovovoyazanykh geosetok // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, №1. S. 105...108.

26. Chistoborodov G.I., Kapralov V.V., Nikiforova E.N. Issledovaniye vliyaniya formy kryuchka igly na effekt peretyazhki kuliruemoy niti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2012, № 3. S. 144...148.

27. Aleeva S.V. Vliyanie sodержaniya lignina i gemitsellyuloz na zhestkost' tkanykh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 129...131.

28. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Differentsirovannaya otsenka vliyaniya primesey l'nyanogo volokna na svoystva pryazhi // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, № 1. S. 66...70.

29. Stokozenko V.G. i dr. Vliyanie elementarizatsii l'novolokna na ego svoystva i sostav primesey // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 4. S. 54...58.

30. Larin I.Yu. i dr. Matematicheskaya model' protsesa krucheniya pryazhi iz elementarizovannykh l'nyannykh volokon na pryadil'noy mashine pnevmomekhanicheskogo sposoba pryadeniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №1. S.66...70.

31. Zakharov A.G. et al. Nanocrystalline cellulose and materials based on it // Fibre Chemistry. – V.47, №4, 2015. P. 278...283.

32. Voronova M.I. et al. Thermal stability of polyvinyl alcohol / nanocrystalline cellulose composites // Carbohydrate Polymers. – V.130, 2015. P. 440...447.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий ИВГПУ. Поступила 28.01.19.

УДК 378.03

ЗАДАЧИ МЕНЕДЖМЕНТА ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

OBJECTIVES OF THE EDUCATION MANAGEMENT IN THE TECHNOLOGY OF ART TREATMENT OF MATERIALS

Л.Н. ЛИСИЕНКОВА

L.N. LISIENKOVA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

E-mail: lisienkovaln@mail.ru

В работе рассмотрены актуальные проблемы образования в сфере художественной обработки материалов. Предложена концепция проекта образовательной программы на основе блочно-модульной структуры учебных планов и дифференциации обучающихся по профильным образовательным траекториям: технология художественной обработки металлов, технология художественной обработки нетрадиционных материалов, технология концептуального и инновационного проектирования. Предложенная модель образовательной программы будет способствовать повышению мотивации к обучению и обеспечит условия для реализации индивидуальных творческих способностей обучающихся.

The paper touches upon the problems of current interest in education in the field of art processing of materials. A concept for an educational program based on the block-modular structure of curriculum and differentiation of students according to individual educational tracks has been proposed: the technology of art metalworking, the technology of art processing of non-metal and new materials, the technology of conceptual and innovative design. The proposed model of the educational program will support the motivation growth of students to learn and provide the conditions for the implementation of individual creative abilities of students.

Ключевые слова: образовательный процесс, образовательная программа, блочно-модульный учебный план, индивидуальная образовательная траектория.

Keywords: educational process, educational program, block-modular individual curriculum, individual educational track.

Технология художественной обработки материалов – совокупность средств, приемов, способов и методов обработки различных материалов с целью придания изделиям художественной ценности и потребительских свойств. Направление "Технология художественной обработки материалов" (ТХОМ) создано в 1992 г. для решения следующих задач: подготовить специалистов, способных использовать знания о материалах для создания комфортной (эргономика) предметной (дизайн) среды. Этим и отличается выпускник указанного выше направления от дизайнеров [1].

Цель работы – совершенствование образовательного процесса по направлению ТХОМ на основе применения современных инструментов менеджмента в образовании.

В настоящее время подготовка по различным видам дизайнерской деятельности осуществляется не только на базе художественно-промышленных и архитектурных университетов, но и в технических вузах. Несмотря на бюджетное финансирование и наличие богатейшего наследия традиционных художественных промыслов, мотивация у выпускников школ и сузов для поступления на данное направление остается низкой. Контингент поступающих имеет разные уровни подготовки и интересы к видам деятельности, которые они осваивают в процессе образования. Результаты промежуточной аттестации определяют показатели движения контингента по данному направлению: наличие переводов на другие направления и отчисления. В ходе обучения часть студентов акцентирует внимание на дисциплинах художественного блока, другие – проявляют интерес к исследованию свойств и технологий материалов, третьи – к IT-технологиям в дизайнерских проектах.

Современные проблемы направления ТХОМ прежде всего "...связаны с отсутствием у проектировщика объектов предметной среды понимания факторов жизнеспособности и безо-

пасности объекта проектирования, смысла, материальной основы разрабатываемого изделия, что может стать источником техногенных катастроф или гибели человека в случае разрушения или поломки объекта. В последовательном, глубоком изучении материально-технической базы заключается коренное отличие между направлениями Дизайн и ТХОМ" [2]. В настоящее время развитие направления ТХОМ тесно связано с компьютерным дизайном и проектированием, в том числе макро- и микрообъектов.

К основным причинам сложившейся проблемной ситуации следует отнести следующие.

- Проблема дезориентации абитуриентов, связанная с неясным представлением о направлении. Следует понимать, что ТХОМ – синтетическое направление, на стыке науки и искусства, которые невозможно отделять в процессе обучения. Кроме того в условиях развития биологии и медицины необходимо вводить в образовательные программы основы медицинских (в том числе психологических), биологических знаний, чтобы понимать "комфортную среду обитания", "экологичность проекта", "универсальный дизайн".

- Проблема организации обучения требует развития у обучающихся способности быть компетентными на основе проектного обучения [3]. Выпускники должны свободно владеть узкой профессией и одновременно широким охватом областей знаний. ТХОМ – междисциплинарное направление на стыке науки и искусства. Поэтому путь развития ТХОМ (организация учебного процесса) – междисциплинарные проекты.

- Проблема содержания учебного процесса. Активное развитие "умных технологий и материалов" направлено на создание эргономичной, удобной, универсальной, экологичной предметной среды для людей различных социальных, возрастных, гендерных групп; для людей с ограниченными возмож-

ностями здоровья и пр. Необходимо знание всех возможностей материалов и технологий, "приручение" материалов и технологий, обеспечение доступности, универсальности на основе принципов универсального дизайна, сочетание традиционных форм и технологий в современных изделиях, работа в области интерфейса (программы компьютерного управления, проектирования и имитации), вопросы экспертизы и оценки изделия, всей окружающей среды. Это требует универсальных методов проектирования в дизайне (универсальный дизайн) на основе IT-технологий.

Можно предположить, что серьезной причиной "непривлекательности" направления ТХОМ является отсутствие мобильных учебных планов, способных оперативно реагировать на:

- изменяющиеся требования работодателей к набору компетенций выпускника;
- колебания спроса на выпускников со специфическими профессиональными компетенциями в тот или иной период экономики;
- вызовы, связанные с изменением ментальности общества и уходом от экономики потребления, появлением технологий и материалов будущего, профессий и видов деятельности будущего (Science-художник, Science Art, Дизайнер носимых энергоустройств);
- формирование индивидуальной траектории обучения с учетом интересов и способностей обучающихся.

Для реализации качественной подготовки обучающихся необходимы образовательные программы, которые будут не только соответствовать требованиям ФГОС, но и превосходить их с точки зрения мобильной актуализации со стороны работодателей и вызовов современного общества. Существующая структура и содержание традиционных учебных планов не позволяют формировать индивидуальную траекторию обучения.

Исследование и анализ передовых зарубежных и отечественных практик позволяет выделить современные методы, методологии и подходы: модель процесса обучения ADDIE [4], методология проектирова-

ния образовательной программы международной инициативы CDIO [5], блочно-модульный подход к разработке учебных планов (принцип конструктора "LEGO") [6], проектирование интегрированных образовательных программ.

В данной работе предложена концепция блочно-модульной структуры элементов образовательной программы подготовки бакалавров по направлению ТХОМ. Учебный план на основе блочно-модульной структуры обеспечит вариативность модулей или блоков дисциплин по выбору обучающегося, который отражает специфику подготовки в соответствии с профессиональными стандартами. Модуль или блок дисциплин по выбору обеспечит студентам углубленное освоение частных аспектов профессиональной деятельности и получение различных результатов обучения в предложенных образовательной программой комбинациях.

Кроме того, блочная структура образовательной программы позволит в ходе обучения дифференцировать поток обучающихся по актуальным на текущий момент профильным траекториям, например:

- технология художественной обработки металлов,
- технология художественной обработки нетрадиционных материалов,
- технология концептуального и инновационного проектирования (Science-art).

Выпускники будут обладать всеми необходимыми в соответствии с ФГОС компетенциями, но различным уровнем их освоения. Формирование профильных траекторий можно обеспечить блочно-модульной моделью учебного плана и необходимыми педагогическими технологиями обучения (междисциплинарный, проектный подход и пр.).

ВЫВОДЫ

1. Исходя из перспектив развития направления ТХОМ, предложено выделить следующие блоки учебного плана.

- Базовые технические и технологические дисциплины, обеспечивающие понимание свойств различных традиционных, современных и будущих материалов, техники, тех-

нологий и методов их производства и обработки.

- Дисциплины, направленные на освоение экологических, эргономических, функциональных аспектов дизайна и создания окружающей среды.

- Художественные дисциплины, дающие навыки в области изобразительных и прикладных искусств, формообразования из различных материалов.

- IT-дисциплины, формирующие умение работать с современными графическими программами в сфере дизайна.

- Профильные технологические дисциплины: технология художественной обработки металлов, технология художественной обработки нетрадиционных материалов, технология концептуального и инновационного проектирования (Science-art).

2. В рамках дальнейшей реализации данного проекта необходимо разработать структуру учебного плана на основе блочно-модульной модели образовательной программы по направлению "Технология художественной обработки материалов".

3. Практическая реализация модели образовательного процесса позволит формировать индивидуальную образовательную траекторию с учетом желаний, творческих способностей, текущей востребованности выпускников в экономике конкретного региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколова М.Л. Современные проблемы направления "Технология художественной обработки материалов" // Российский технологический журнал. – 2017. Т. 5, № 1. С. 50...56.

2. Куманин В.И. Эволюция дизайна в России в последнее столетие // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2013, № 1. С. 29...30.

3. Балыхин М.Г., Малицкий Г.В., Рыбаулина И.В., Мошкало Н.Г. Роль формирования системы мониторинга достижений обучающегося в подготовке инновационно-ориентированного специалиста // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 4. С. 28...31.

4. ADDIE Model: Instructional Design [Electronic resource] // Educational Technology Journals: official site – Access mode <http://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/> (date of the application 09.07.2018).

5. Кроули Э.Ф., Малмквист Й., Остлунд С., Бродер Д.Р., Эдстрем К. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Пер. с англ. С. Рыбушкиной; под научн. ред. А. Чучалина; Нац. исслед. ун-т "Высшая школа экономики". – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2015.

6. Ельцов В.В., Скрипачев А.В. Блочно-модульный учебный план как механизм оперативного реагирования сферы ВПО на изменения требований работодателя // Инженерное образование. – 2012, №11. С. 42...47. Режим доступа: <https://readera.ru/14339090> (Дата обращения 19.07.2018).

REFERENCES

1. Sokolova M.L. Sovremennye problemy napravleniya "Tekhnologiya khudozhestvennoy obrabotki materialov" // Rossiyskiy tekhnologicheskii zhurnal. – 2017. T. 5, № 1. S. 50...56.

2. Kumanin V.I. Evolyutsiya dizayna v Rossii v poslednee stoletie // Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizayna. – 2013, № 1. S. 29...30.

3. Balykhin M.G., Malitskiy G.V., Rybaulina I.V., Moshkalo N.G. Rol' formirovaniya sistemy monitoringa dostizheniy obuchayushchegosya v podgotovke innovatsionno-orientirovannogo spetsialista // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 4. S. 28...31.

4. ADDIE Model: Instructional Design [Electronic resource] // Educational Technology Journals: official site – Access mode <http://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/> (date of the application 09.07.2018).

5. Krouli E.F., Malmkvist Y., Ostlund S., Broder D.R., Edstrom K. Pereosmyslenie inzhenernogo obrazovaniya. Podkhod CDIO / Per. s angl. S. Rybushkinoy; pod nauchn. red. A. Chuchalina; Nats. issled. un-t "Vysshaya shkola ekonomiki". – M.: Izd. dom Vysshey shkoly ekonomiki, 2015.

6. El'tsov V.V., Skripachev A.V. Blochno-modul'nyy uchebnyy plan kak mekhanizm operativnogo reagirovaniya sfery VPO na izmeneniya trebovaniy rabotodatelaya // Inzhenernoe obrazovanie. – 2012, №11. S.42...47. Rezhim dostupa: <https://readera.ru/14339090> (Data obrashcheniya 19.07.2018).

Рекомендована кафедрой комплексной безопасности в строительстве. Поступила 12.10.18.

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ
В ПРАКТИКУ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

**ISSUES OF IMPLEMENTATION OF PROCESS MANAGEMENT
IN PRACTICE OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS
OF TEXTILE INDUSTRY**

А.Л. АБАЕВ, Т.П. МАСЛЕВИЧ, Н.Б. САФРОНОВА

A.L. ABAEV, T.P. MASLEVICH, N.B. SAFRONOVA

**(Российская академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации,
Российский государственный гуманитарный университет)**

**(Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA),
Russian State University for the Humanities (RSUH))**

E-mail: alan_abaev@mail.ru, maslevich@ranepa.ru, safronova@ranepa.ru

Управление предприятием по системе бизнес-процессов является актуальной тенденцией в практике управления современной организацией, повышающей уровень ее конкурентоспособности, в том числе за счет своевременной реакции на запросы внешней среды. Внедрение процессного управления в практику высших учебных заведений текстильной отрасли в настоящее время не получило широкого распространения по ряду причин. Вопросы необходимости и возможности перехода на бизнес-процессное управление, условия и предпосылки перехода, а также преимущества осуществления этой деятельности исследованы авторами в данной статье.

The management of an enterprise by a business process system is an actual trend in the practice of managing a modern organization, increasing its level of competitiveness, including through timely response to requests from the external environment. The introduction of process management in the practice of higher education institutions of the textile industry is not currently widely used for a number of reasons. The questions of the necessity and possibility of transition to business - process management, the conditions and prerequisites of the transition, as well as the advantages of this activity, are investigated by the authors in this article.

Ключевые слова: управление бизнес-процессами, процессный подход, управление по бизнес-процессам, иерархия бизнес-процессов, система менеджмента качества, высшие учебные заведения, текстильная отрасль.

Keywords: business process management, process approach, business process hierarchy, quality management system, higher education institutions, textile industry.

Создание эффективной модели управления предприятием в современных рыночных условиях осуществляется на основе идентификации, анализа, оптимизации и постоянного реинжиниринга бизнес-процессов, обес-

печивающих производственную и коммерческую деятельность. Автоматизация бизнес-процессов позволяет организации снизить операционные затраты, унифицировать процессы, стандартизировать производственные опе-

рации, минимизировать возможные риски ведения хозяйственной деятельности.

Основной целью внедрения процессного подхода в практику управления современным предприятием является выстраивание взаимоотношений с потребителем продукции (работ, услуг) организации, обеспечение своевременной реакции на запросы потребителей, удовлетворение их потребностей и тем самым повышение уровня конкурентоспособности бизнеса. Управление бизнес-процессами предприятия предполагает переход от "ручного" управления деятельностью к внедрению регламентированного порядка исполнения операций, возможности делегирования полномочий, повышение уровня ответственности исполнителя за итоговый результат труда. Процессный подход позволяет организации определить свои ключевые процессы в цепочке создания ценности, выявить "узкие" места в деятельности, своевременно осуществить процесс изменения, перестройки и реинжиниринга бизнеса. Внедрение процессного подхода является необходимым условием сертификации предприятия по системе менеджмента качества в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 9001–2015 [1].

Внедрение процессного подхода к управлению в организациях высшего образования в настоящее время не является достаточно распространенной практикой. В то же время присоединение России к Болонской декларации и интеграция российской системы образования в болонский процесс должно стимулировать российские учреждения образования к совершенствованию системы управления. Необходимость перестройки и реинжиниринга процессов вуза обусловлена в том числе и необходимостью повышения мобильности образовательного процесса как для обучающихся, так и для профессорско-преподавательского состава. Эта задача должна быть решена за счет формирования индивидуальной программы обучения студентов, следовательно, потребуется реструктуризация и перестройка бизнес-процессов. В этих условиях необходимо будет осуществить переход от "линейной" системы организации учебного процесса, в рамках которой все обучающиеся находятся в рамках единой программы обучения, к "не-

линейной" форме, в рамках которой для каждого учащегося должен составляться индивидуальный план, состоящий как из обязательных для обучения дисциплин, так и дисциплин по выбору. Для решения данной задачи действия по организации и управлению образовательным процессом должны быть осуществлены в рамках процессного управления [2].

Переход к управлению вузом по системе процессов требует предварительной работы по идентификации, анализу и описанию бизнес-процессов как на высшем уровне управления (бизнес-единицей в целом), так и на уровне структурного подразделения. Деятельность образовательного заведения можно представить как набор бизнес-процессов, обеспечивающих предоставление клиентам образовательных услуг. Следует учитывать, что современные требования к образовательному процессу, представленные федеральными государственными стандартами, привели к возрастанию объема учебно-методической деятельности, требующей значительных временных и ресурсных затрат, с одной стороны, а с другой – необходимости выстраивания цепочки создания ценности с соблюдением всех норм и правил по обеспечению результативности деятельности. Исходя из этого, переход на процессное управление является закономерным и необходимым этапом совершенствования системы управления современным вузом.

Для описания бизнес-процессов образовательной организации может быть использован инструментарий, аналогичный тому, который сегодня используется в практике управления современным предприятием [2]. Возможность описания процессов вуза в стандарте Business Process Model and Notation (BPMN) представлена в ряде работ современных авторов, исследующих процессы высшей школы [3], [4]. Показателями результативности процессов образовательного учреждения могут стать показатели оптимизации ресурсных и временных затрат на исполнение процесса, показатели трудоемкости, показатели соответствия документации требованиям регулирующих органов и прочие.

В настоящее время в ряде российских вузов осуществлена практика перехода к сис-

теме управления образовательной деятельностью на основе бизнес-процессного подхода [5]. Однако внедрение процессного управления в вузе встречает ряд сложностей. Основным препятствием к внедрению является, на наш взгляд, преобладание традиционных схем управления в большинстве областей деятельности, отсутствие четких стандартов в исполнении большинства операций, в значительной степени влияние человеческого фактора в процессе принятия решений, а также относительно низкий уровень информационного обеспечения вузов. В то же время потребность бизнеса в квалифицированных кадрах, необходимость организации сотрудничества с работодателями в процессе обучения студентов и слушателей, обеспечение своевременной реакции на запросы из бизнес-среды ставят перед учреждениями образования требования внедрения системы управления по бизнес-процессам. Возможность применения процессного подхода в управлении деятельностью образовательной организации обеспечивается в том числе следующими предпосылками:

- повседневным исполнением сотрудниками вуза значительного числа стандартных операций, регламентированных документами, как в образовательном процессе, так и при осуществлении административно-хозяйственной деятельности;

- наличием документов, регламентирующих деятельность предприятия со стороны регламентирующих, надзорных органов, а также внутренних регламентов самой организации;

- наличием рутинных операций, исполнение которых связано со значительными затратами человеческих и временных ресурсов.

Система менеджмента качества организации регламентирует идентификацию бизнес-процессов организации по основным блокам хозяйственной деятельности, которыми в общем случае являются – процессы жизненного цикла продукции, процессы обеспечения ресурсами, процессы управления и процессы измерения и анализа результатов деятельности. С целью декомпозиции бизнес-процессов выделим укрупненные группы процессов, соответствующих специфике деятельности предприятия сферы образования. Такими блоками бизнес-процессов (или процес-

сов верхнего уровня иерархии) являются: Управление процессом обучения студентов и слушателей, Управление процессом ведения научно-исследовательской работы, Управление административно-хозяйственной деятельностью, Управление финансовыми активами, Управление процессом организации деятельности.

Каждый блок процессов, в свою очередь, должен содержать бизнес-процессы (процессы второго уровня иерархии), согласно которым обеспечивается деятельность каждого блока.

Бизнес-процессы второго и последующего уровня требуют дальнейшей идентификации, анализа, описания порядка исполнения работ, стандартизации и последующей оптимизации [6]. Следует обратить внимание, что большинство из указанных бизнес-процессов, на наш взгляд, не являются уникальными с точки зрения исполнения процедур, однако требуют значительных затрат временных и человеческих ресурсов ввиду индивидуальных особенностей исполнения и возможных временных ограничений. Следовательно, регламентация деятельности в рамках стандарта исполнения бизнес-процессов должна способствовать решению следующих задач организации:

- снижение временных затрат на исполнение различного вида работ;

- снижение операционных затрат на исполнение;

- снижение числа ошибок и исправлений, возникающих вследствие влияния "человеческого фактора";

- высвобождение времени руководителя организационной структуры, принимающего участие в исполнении практически любого процесса при отсутствии регламентации деятельности в рамках процессного управления;

- повышение ответственности исполнителя за результаты работы.

Очевидно, что отдельные процессы, исполнение которых требует значительного числа процедурных согласований, отметок об исполнении, технически несложных стандартных процедур, могут быть автоматизированы, что приведет к высвобождению как людских ресурсов, так и сократит временные затраты на исполнение.

Процессное управление образовательной организацией может быть внедрено при соблюдении ряда условий. Основным условием внедрения является позиция руководства по вопросу стандартизации и регламентации деятельности по всем направлениям осуществления работ. Решение о внедрении должно быть принято на уровне руководства организацией и охватывать все направления деятельности вуза, в качестве примера можно сослаться на опыт РАНХиГС, проанализированный в [7].

Также одним из ключевых условий внедрения процессного управления в практику образовательной организации является возможность обеспечения контроля за исполнением процесса. На предприятиях бизнеса это обеспечивается в том числе внедрением системы мотивации персонала по ключевым показателям эффективности. В практике вуза также должна быть разработана аналогичная система мотивации персонала. Ключевыми показателями эффективности исполнения бизнес-процесса могут стать контроль за соблюдением регламента с возможностью использовать систему штрафных санкций за нарушение порядка исполнения работ, срочность исполнения процесса, соответствие исходящей документации и пр.

Залогом успешного внедрения процессного подхода является уровень обеспеченности организации информационными технологиями, наличием ИТ – систем, соответствующих современному уровню развития, на всех этапах исполнения работ как при реализации учебного процесса, так и по прочим операциям хозяйственной деятельности.

Следует также отметить, что переход на процессное управление требует исполнения значительного объема подготовительной работы по идентификации, формализации, стандартизации процессов, исполнение которой обеспечивается квалифицированными специалистами с привлечением определенного количества финансовых средств организации и временных затрат.

Внедрение процессного подхода в практику управления организацией высшего образования также должно способствовать повышению уровня ее конкурентоспособности за счет следующих факторов:

- обеспечение своевременного реагирования организации на изменение внешней среды деятельности;
- постоянный мониторинг и совершенствование бизнес-процессов на основании оценки деятельности организации потребителями услуг и внешними регуляторами;
- возможности управлять бизнес-процессами организации с позиции добавления ими ценности в общий показатель результативности бизнеса;
- внедрения в практику управления бизнес-процессами по ключевым показателям эффективности с целью стимулирования потенциала центров финансовой отчетности и сотрудников организации.

ВЫВОДЫ

Таким образом следствием внедрения практики управления образовательной организацией по системе бизнес-процессов должно стать не только повышение общего уровня управляемости организацией, но и совершенствование качества предоставляемых услуг, их соответствие потребностям современного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования.
2. *Кожневникова Н.Ю.* Влияние болонского процесса на преобразование учебных бизнес-процессов и распределение ресурсов вуза // Изв. Волгоградского гос. технич. ун-та. – 2010, том 9, № 1 (71). С.98...102.
3. *Маслевич Т.П., Рогожина Н.Н.* Практические вопросы внедрения процессного управления и идентификации бизнес-процессов предприятия // Механизация строительства. – 2014, №9 (843). С.58...61.
4. *Мирошниченко И.И.* Применение нотации BPMN при моделировании бизнес-процессов формирования учебно-методического обеспечения вуза // ООО "АР – Консалт". – М., 2017, №3-1(18). С.124...128.
5. Оптимизация управления высшим учебным заведением на основе процессного подхода. Статья на сайте Группы компаний "Современные технологии управления" [Электронный ресурс], URL: http://www.businessstudio.ru/articles/article/optimizatsiya_upravleniya_vysshim_uchebnym_zavedeniya (дата обращения 28.05.2018).
6. *Осипова О.С., Сахарова Н.В.* Оптимизация бизнес-процессов как устойчивое развитие современного университета // Юрист вуза. – 2017, №6. С.20...33.
7. *Kosareva E., Safronova N.* Continuing Education for Managers as the Basis of Innovation Economy (Expe-

rience of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration) // Serbian Journal of Management. – № 11(1), 2016. P.129...140.

REFERENCES

1. GOST R ISO 9001–2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya.

2. Kozhevnikova N.Yu. Vliyaniye bolonskogo protsesssa na preobrazovaniye uchebnykh biznes-protsessov i raspredeleniye resursov vuza // Izv. Volgogradskogo gos. tekhnich. un-ta. – 2010, tom 9, № 1 (71). S. 98...102.

3. Maslevich T.P., Rogozhina N.N. Prakticheskie voprosy vnedreniya protsessnogo upravleniya i identifikatsii biznes-protsessov predpriyatiya // Mekhanizatsiya stroitel'stva. – 2014, №9 (843). S.58...61.

4. Miroshnichenko I.I. Primeneniye notatsii BPMN pri modelirovaniy biznes-protsessov formirovaniya uchebno-metodicheskogo obespecheniya vuza // OOO "AR – Konsalt". – M., 2017, №3-1(18). S.124...128.

5. Optimizatsiya upravleniya vysshim uchebnym zavedeniem na osnove protsessnogo podkhoda. Stat'ya na sayte Gruppy kompaniy "Sovremennyye tekhnologii upravleniya" [Elektronnyy resurs], URL: http://www.business-studio.ru/articles/article/optimizatsiya_upravleniya_vysshim_uchebnym_zaveden/ (data obrashcheniya 28.05.2018).

6. Osipova O.S., Sakharova N.V. Optimizatsiya biznes-protsessov kak ustoychivoe razvitiye sovremennogo universiteta // Yurist vuza. – 2017, №6. S. 20...33.

7. Kosareva E., Safronova N. Continuing Education for Managers as the Basis of Innovation Economy (Experience of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration) // Serbian Journal of Management. – № 11(1), 2016. P.129...140.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве НИМГСУ. Поступила 14.01.19.

НИКОЛАЕВ СЕРГЕЙ ДМИТРИЕВИЧ
07.01.1952-05.03.2019

NIKOLAYEV SERGEY DMITRIEVICH
07.01.1952-05.03.2019

Ректорат Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) с прискорбием сообщает, что 5 марта 2019 года на 68 году жизни после непродолжительной болезни скоропостижно скончался профессор, доктор технических наук Сергей Дмитриевич Николаев.

Сергей Дмитриевич Николаев родился 7 января 1952 года в г. Москве в семье рабочих.

В 1969 году после окончания школы поступил в Московский текстильный институт.

После окончания института Сергей Дмитриевич учился в аспирантуре на кафедре ткачества МТИ (был Ленинским стипендиатом). В 1977 году защитил кандидатскую диссертацию. С 1978 года начал свою трудовую деятельность в Московском текстильном институте в качестве ассистента кафедры ткачества, затем начальника отдела международного научно-технического сотрудничества (с 1978 по 1982 гг.). В 1981 году был избран доцентом кафедры ткачества. В 1989 году Сергей Дмитриевич Николаев успешно защитил докторскую диссертацию. С 1989 по 2009 гг. возглавлял кафедру ткачества Текстильного института имени А.Н. Косыгина. С 1990 по 1992 гг. работал деканом механико-технологического факультета.



С 1992 года Сергей Дмитриевич работал на руководящих должностях в ректорате: проректором по учебной работе (1992-1993 гг.), проректором по научной работе (1993-2000 гг.), а в 2000 году был назначен первым проректором – проректором по научной работе. В 2002 году коллектив Московского государственного текстильного университета имени А.Н. Косыгина единогласно избрал Николаева Сергея Дмитриевича ректором. В качестве ректора он проработал десять лет.

Профессор Николаев Сергей Дмитриевич до последних дней вел активную административную, научную, общественную работу: он являлся председателем секции химической технологии Экспертного совета по химии ВАК; академиком Российской инженерной академии; членом редколлегии журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности"; членом секции легкой промышленности Комиссии по присуждению Премий Правительства России в области науки и техники; заместителем председателя головного совета Минобразования РФ по технологии материалов текстильной промышленности; экспертом Республиканского исследовательского центра экспертизы Министерства промышленности, науки и тех-

нологий РФ; членом Оргкомитета Всероссийского конкурса на лучшую научную работу студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам Минобразования РФ.

Его научные интересы, как специалиста в области технологии текстильных материалов, были связаны с разработкой методов прогнозирования технологических процессов изготовления тканей заданного строения.

Под руководством и при личном участии С.Д. Николаева разработаны научные основы проектирования технологических процессов изготовления тканей заданного строения; предложены новые методы экспериментального исследования технологических процессов на основе бинарной причинно-следственной теории информации и с помощью тепловидения разработаны новые методы проектирования тканей по заданным свойствам; разработан ряд новых технологий в ткачестве: технологии подготовки нитей к ткачеству (формирование бобин сомкнутой намотки с постоянным углом сдвига витков; формирование шерстяной пряжи); технологий и ассортимента тканей бытового назначения (хлопчатобумажных, шерстяных, шелковых, авровых, на основе котонированного льна, трехосных тканей, ажурных тканей); технологий тканей на основе использования отходов (хлопчатобумажных из регенерированных текстильных материалов, из вторичных арамидных нитей); технологий тканей

технического назначения (фильтров, тканей из углеродных нитей и арамидной пряжи); разработаны основы микропроцессорного управления технологическим процессом ткачества и создана новая группа тканей с переменной плотностью по утку.

Николаев С.Д. выполнил и внедрил ряд важных научных работ на предприятиях текстильной промышленности.

Сергей Дмитриевич автор более 600 научных работ, из них – 8 учебников для студентов вузов по основным специальным дисциплинам, 9 монографий, 25 работ опубликованы за рубежом, получены 6 авторских свидетельств и 10 патентов. Под его руководством защищены 6 докторских и 32 кандидатских диссертации.

Сергей Дмитриевич Николаев – Лауреат Премии Президента РФ в области образования, Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, "Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации". Сергей Дмитриевич награжден Знаком "Изобретатель СССР", медалью "850 лет Москвы". В 2002 году ему присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки Российской Федерации".

Светлая память о Сергее Дмитриевиче Николаеве навсегда останется в наших сердцах.

Ректорат, коллектив Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство).

Редколлегия и редакция журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация производства

<i>Гравишина И.Н., Денисова Н.И.</i> Текстильная промышленность Рязанской области в системе сдерживающих и стимулирующих факторов развития	5
<i>Мишаков В.Ю.</i> Проектирование бизнес-процессов – как основа создания архитектуры предприятия сервиса	9
<i>Бакаева А.С., Мамедов С.Н., Погодина И.В.</i> Нематериальные меры стимулирования трудовой деятельности лиц, работающих в легкой промышленности	14
<i>Горбашко Е.А., Леонов С.А., Малевская-Малевиц Е.Д.</i> Влияние цифровизации экономики на обеспечение качества в текстильной отрасли	17
<i>Яськова Н.Ю., Лукманова И.Г.</i> Новые горизонты конкурентоспособности национальной экономики	23
<i>Нежникова Е.В.</i> Оценка интегрального показателя риска инвестиционных проектов на примере предприятий текстильной промышленности	29
<i>Канхва В.С.</i> Управление производительностью труда в организациях текстильной промышленности на основе сбалансированной системы показателей	34
<i>Бурова О.А.</i> Анализ готовности и обоснование необходимости перехода экономики отраслей промышленности к использованию цифровых технологий	39

Материаловедение

<i>Крютченко О.Н., Морозов Д.А., Чиркин М.В.</i> Электрические характеристики вискозного волокна	46
<i>Пашин Е.Л., Орлов А.В.</i> Оценка механических свойств волокон и нитей при скоростном растяжении	51
<i>Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Кусенкова А.А., Гусев Б.Н.</i> Установление нормативного значения для показателя прочности геосинтетических полотен на основе оценки параметров распределения	54

Первичная обработка. Сырье

<i>Басова Н.В., Новиков Э.В., Ущатовский И.В., Безбабченко А.В.</i> О коноплеводстве и технико-экономический анализ линий для переработки промышленной конопли в однотипное волокно	58
---	----

Прядение

<i>Разумеев К.Э., Федорова Н.Е.</i> Исследование сил трения между волокнами полшерстяной ленты в целях обоснования технологии переработки полуфабрикатов прядения	64
---	----

Ткачество

<i>Назарова М.В., Завьялов А.А.</i> Эффективное моделирование процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи на машине фирмы Karl Mayer	68
<i>Сафонов П.Е., Левакова Н.М., Юхин С.С.</i> Исследование масштабного эффекта прочности некоторых видов нитей и пряжи со специальными свойствами	72
<i>Джаббаров Г.З., Халилов Э.Дж., Нуриев М.Н.</i> Метод контроля структуры намотки путем анализа кинематических параметров мотального механизма	77

Отделка

<i>Мищукова А.С., Сафонов В.В.</i> Исследование взаимодействия традиционных и нетрадиционных классов красителей с полиуретановым волокном	83
---	----

<i>Кириш И.А., Бабин Ю.В., Ананьев В.В., Тверитникова И.С., Романова В.А., Банникова О.А., Безнаева О.В.</i> Установление зависимости влияния ультразвука на расплавы ПКМ и их функционально-технологические характеристики	85
Технология нетканых материалов	
<i>Иванцова Т.М.</i> Способ определения прочности закрепления ворса коротковорсовых текстильных материалов	91
<i>Нутфуллаева Л.Н., Плеханов А.Ф., Шин И.Г., Таипулатов С.Ш., Черунова И.В., Нутфуллаева Ш.Н., Богомолов Е.А.</i> Исследование условий формирования пакета и обеспечения прочности подушек из композитных нетканых волокнистых материалов	95
Трикотажное производство	
<i>Бабкова Е.С., Заваруев В.А., Фомина О.П., Пивкина С.И.</i> Проектирование структур участков вязок ячеи трикотажных сетчатых материалов	102
Швейное производство	
<i>Чжан Шичао, Кузьмичев В.Е.</i> Получение цифровых двойников мужских фигур по изображениям и чертежам конструкций исторической одежды	106
<i>Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Петросова И.А., Гетманцева В.В.</i> Кастомизированная коррекция типового виртуального манекена оболочкой переменной толщины	113
Текстильные машины и агрегаты	
<i>Рахматулин Ф.Р., Алешин Р.Р., Егоров С.А., Селезнев С.В., Мухин А.А.</i> Аналитическое исследование механизма игловодителя	124
Автоматизация и информационные технологии	
<i>Чирик М.А., Калиберда Е.А., Федотова И.В.</i> Автоматизированное средство визуализации результатов геометрического моделирования технологических процессов легкой промышленности	128
<i>Балыхин М.Г., Благовещенская М.М., Благовещенский И.Г., Макаровская З.В., Жиров М.В., Назойкин Е.А., Бунеев А.В.</i> Автоматизация вакуумной сублимационной сушки продукции с использованием метода комбинированного управления	133
<i>Лукманова И.Г., Голов Р.С., Теплышев В.Ю., Смирнов В.Г.</i> Основы формирования системы информационной безопасности на предприятиях текстильной промышленности	138
Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика	
<i>Шамшина К.В., Мигунов В.Н., Овчинников И.Г., Румянцева В.Е.</i> Влияние коррозионных продольных трещин на деформационные свойства и безопасность изгибаемых железобетонных конструкций объектов текстильной промышленности	145
<i>Румянцев Е.В., Федосов С.В., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Чистякова Ю.А., Котлов В.Г.</i> Эколого-экономические эффекты энергосбережения в производственных зданиях текстильной и легкой промышленности	149
<i>Линьков В.И.</i> Применение древесины мягких лиственных пород в деревянных элементах составного сечения на наклонных ввинченных стержнях	153
<i>Ванус Д.С., Бибарцева Д.С., Юсуфов А.С.</i> Расчет в упругой стадии железобетонных плит, опертых по контуру при кратковременных динамических нагрузках	159
<i>Мочалов А.Л.</i> Расчет прочности на продавливание узловых зон железобетонных плит, армированных листовой и стержневой арматурой	164
<i>Линьков Н.В.</i> Статистический анализ деформативности соединения "КМ-обклейка" на основе стеклоткани полотняного переплетения	169
<i>Меркулова Е.В.</i> Безопасность работ при модернизации предприятий текстильной промышленности	175

Техническая эстетика и дизайн

<i>Кащеев О.В., Полетавкина Г.В.</i> Индустрия моды: рекламные и PR-технологии продвижения бренда в интернет-торговле	180
---	-----

Механика нити и полотен

<i>Щербаков В.П., Скуланова Н.С., Цветкова А.Е., Халезов С.Л., Голайдо С.А.</i> Изменения и дополнения в прочностных расчетах ткани с учетом масштабного эффекта и неравномерности нитей по прочности	186
<i>Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С.</i> Спектральный анализ вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен и его применение для оценки их функциональности	192

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Монахов В.В.</i> Моделирование удлинения основной нити в ткани	199
<i>Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Никифорова Е.Н., Федосов С.В.</i> Научно-техническая интеграция как основа формирования инновационных проектов	202
<i>Лисиенкова Л.Н.</i> Задачи менеджмента образования в технологии художественной обработки материалов	209
<i>Абаев А.Л., Маслевич Т.П., Сафронова Н.Б.</i> Вопросы внедрения процессного управления в практику высших учебных заведений текстильной отрасли	213
<i>Николаев Сергей Дмитриевич</i>	218

CONTENTS

Economics and Production Planning

<i>Gravshina I.N., Denisova N.I.</i> Textile Industry of the Ryazan Region in the System of Constraints and Stimulating Development Factors	5
<i>Mishakov V.Yu.</i> Designing Business Processes - as the Basis for Creating a Service Enterprise Architecture	9
<i>Bakaeva A.S., Mamedov S.N., Pogodina I.V.</i> Intangible Measures to Promote the Labor Activity of Persons Working in the Light Industry	14
<i>Gorbashko E.A., Leonov S.A., Malevskaia-Malevich E.D.</i> The Economy's Digitalization Impact on Quality Assurance in the Textile Industry Enterprises	17
<i>Yaskova N.Yu., Lukmanova I.G.</i> From Competitiveness to the Strategic Advantage of the Enterprise	23
<i>Nezhnikova E.V.</i> Assessment of the Integrated Indicator of Risk of Investment Projects on the Example of Enterprises of Textile Industry	29
<i>Kankhva V.S.</i> Anagement of Labor Productivity in Textile Industry Organizations Based on Balanced Scorecard	34
<i>Burova O.A.</i> Analysis of the Readiness and Justification of Necessity of Transition of Economy of the Industries to Using Digital Technologies	39

Materials

<i>Kryutchenko O.N., Morozov D.A., Chirkin M.V.</i> Electrical Characteristics of Viscose Fiber	46
<i>Pashin E.L., Orlov A.V.</i> Assessment of Mechanical Properties of Fibers and Threads at Speed Tension	51
<i>Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Kusenkova A.A., Gusev B.N.</i> The Establishment of a Standard Value for the Indicator Strength Geosynthetic Paintings Based on the Evaluation of Distribution Parameters	54

Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Basova N.V., Novikov E.V., Ushchapovsky I.V., Bezbabchenko A.V.</i> About Production of Hemp and Techno-Economic Analysis of Lines for Processing of Industrial Hemp in the Same Type of Fiber	58
---	----

Spinning

<i>Razumeev K.E., Fedorova N.E.</i> Study of Friction forces Between Fibers Wool Tape for Substantiation Technologies for Processing Semi-Finished Spinnings	64
--	----

Weaving

<i>Nazarova M.V., Zavalov A.A.</i> Effective Modeling of the Process of Sizing Cotton Yarn on Sizing Machine Company Karl Mayer	68
<i>Safonov P.E., Levakova N.M., Yukhin S.S.</i> Research Study the Scale Effect of Strength of Certain Types of Threads and Yarns with Special Properties	72
<i>Dzhabbarova G.Z., Khalilov E.J., Nuriev M.N.</i> The Method of Controlling the Structure of the Winding by Analyzing the Kinematic Parameters of the Winding Mechanism	77

Finishing

<i>Mishukova A.S., Safonov V.V.</i> Research of the Interaction of Traditional and Non-Traditional Classes of Dyes with Polyurethane Fiber	83
<i>Kirsh I.A., Babin Yu.V., Ananiev V.V., Tveritnikova I.S., Romanova V.A., Bannikova O.A., Beznaeva O.V.</i> Establishing the Dependence of the Effect of Ultrasound on Pkm Melts and their Functional Technological Characteristics	85

Technology of Non-Wovens

<i>Ivantsova T.M.</i> The Method of Determining the Strength of Fixing of a Short-Pile Textile Materials	91
<i>Nutfullaeva L.N., Plekhanov A.F., Shin I.G., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V., Nutfullaeva Sh.N., Bogomolov E.A.</i> Research of Conditions of Formation Package and Ensure the Safety of the Pillows From Composite Nonwoven Fibers Materials	95

Knitting

<i>Babkova E.S., Zavaruev V.A., Fomina O.P., Pivkina S.I.</i> The Design of Structures of Sections of the Bundles of Mesh Knitted Mesh Materials	102
--	-----

Sewing

<i>Zhang Shichao, Kuzmichev V.E.</i> Reconstruction of Men Digital Twin From Images and Pattern Blocks of Historical Costume	106
<i>Guseva M.A., Andreeva E.G., Belgorodski V.S., Petrosova I.A., Getmantseva V.V.</i> Customized Correction of a Virtual Human Dummy by Shell of Variable Thickness	113

Textile Machines and Aggregates

<i>Rakhmatulin F.R., Aleshin R.R., Egorov S.A., Seleznev S.V., Mukhin A.A.</i> Analytical Study of Needle Bar Mechanism	124
---	-----

Automation and Information Technologies

<i>Chizhik M.A., Kaliberda E.A., Fedotova I.V.</i> The Automated Renderer of Light Industry Technological Processes Geometric Modeling Results	128
<i>Balykhin M.G., Blagoveschenskaya M.M., Blagoveschenskiy I.G., Makarovskaya Z.V., Zhirov M.V., Nazoykin E.A., Bunev A.V.</i> Automation of Vacuum Sublimation Drying of Products Using the Combined Management Method	133
<i>Lukmanova I.G., Golov R.S., Teplyshev V.Yu., Smirnov V.G.</i> Bases of Formation of the Information Security System at Textile Industry Enterprises	138

Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

<i>Shamshina K.V., Migunov V.N., Ovchinnikov I.G., Rumyantseva V.E.</i> The Effect of Corrosion of Longitudinal Cracks on the Bending Deformation Properties of Reinforced Concrete Structures	145
<i>Rumyantsev E.V., Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B., Oparina L.A., Chistjakova Yu.A., Kotlov V.G.</i> Environmental and Economic Effects Energy Saving in Industrial Buildings for Textile and Light Industry	149

<i>Linkov V.I.</i> Use of Soft Hardwood in Wooden Elements of Composite Section on Inclined Metal Rods	153
<i>Vanus D.S., Bibartseva D.S., Yusufov A.S.</i> Calculation in the Elastic Stage of Reinforced Concrete Slabs Supported along the Contour under Short-Term Dynamic Loads	159
<i>Mochalov A.L.</i> Calculation of Strength on the Promotion of Node Zones of Reinforced Concrete Plates Reinforced by Sheet and Rod Armature	164
<i>Linkov N.V.</i> Statistical Analysis of the Deformability of the KM-pasting Compound Based on Plain Weave Fiberglass Fabric	169
<i>Merkulova E.V.</i> Work Safety in Upgrading of Enterprises Textile Industry	175

Technical Aesthetics and Design

<i>Kascheev O.V., Poletavkina G.V.</i> Fashion Industry: Advertising and PR-technologies for Promoting a Brand in Online Trade	180
--	-----

Mechanics of Threads and Fabrics

<i>Shcherbakov V.P., Skulanova N.S., Tsvetkova A.E., Khalezov S.L., Golaido S.A.</i> Changes and Additions in Calculations of a Fabric in View of Scale Effect and Non-Uniformity of Thread on Strength	186
<i>Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S.</i> Spectral Analysis of Viscoelasticity of Geotextile Nonwave Towels and its Application for the Estimation of Their Unctionality	192

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Sevostyanov P.A., Samoylova T.A., Monakhov V.V.</i> Simulation of the Warp Thread's Elongation in Fabrics	199
<i>Koksharov S.A., Kornilova N.L., Nikiforova E.N., Fedosov S.V.</i> Scientific and Technical Integration as a Basis for the Formation of Innovation Projects	202
<i>Lisienkova L.N.</i> Objectives of the Education Management in the Technology of Art Treatment of Materials	209
<i>Abaev A.L., Maslevich T.P., Safronova N.B.</i> Issues of Implementation of Process Management in Practice of Higher Educational Institutions of Textile Industry	213
<i>Nikolayev Sergey Dmitrievich</i>	218